L'agriculture écologiquement durable au Canada

SÉRIE SUR LES INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX

Rapport n° 3

Agriculture et Agroalimentaire Canada
Agriculture and Agri-Food Canada

Canada

L'agriculture écologiquement durable au Canada

SÉRIE SUR LES INDICATEURS AGROENVIRONNEMENTAUX - RAPPORT N° 3

Rapport n° 3

Eilers, W., R. MacKay, L. Graham et A. Lefebvre (éditeurs)

Agriculture et Agroalimentaire Canada
2010

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2010

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires, s'adresser à :
Service des publications du Ministère
Agriculture et Agroalimentaire Canada
Pièce 160, tour 4
1341 Baseline Rd
Ottawa, Ontario K1A 0C5
(613)773-1444
publications@agr.gc.ca

Cette publication se trouve aussi en version électronique sur le Web à l'adresse suivante :
www.agr.gc.ca/pnarsa

Données de catalogage avant publication (Canada)
Vedette principale au titre :
L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux - Rapport n° 3

Publié aussi en anglais sous le titre :
Environmental Sustainability of Canadian Agriculture : Agri-Environmental Report Series – Report #3
No cat. A22-201/2010F
ISBN 978-1-100-94401-2
No AAC 10890F

Le résumé peut être cité comme suit :
Eilers, W., R. MacKay, L. Graham et A. Lefebvre (éd.), 2010. L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux - Rapport n° 3. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Chaque chapitre peut être cité comme suit :
[Nom(s) de l'auteur ou des auteurs du chapitre]. 2005 [Tête de chapitre]. Pages [...]-[...] dans Eilers, W., R. MacKay, L. Graham et A. Lefebvre (éd.), 2010. L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux - Rapport n° 3. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Imprimé sur papier recyclé

Table des matières

Sommaire ..... **iv**

Introduction **1**

1. Introduction 1
2. Évaluation de la pérennité environnementale du secteur agroalimentaire 3
3. Facteurs influents 7

Gestion des terres agricoles **15**

4. Utilisation des terres agricoles 17
5. La gestion agroenvironnementale 24
6. Couverture des sols 35
7. L'habitat faunique 41

Santé du sol **51**

8. Érosion du sol 52
9. Matière organique du sol 61
10. Éléments traces 68
11. Salinité du sol 74

Qualité de l'eau **81**

12. Azote 82
13. Phosphore 95
14. Coliformes 102
15. Pesticides 109

Qualité de l'air et gaz à effet de serre **117**

16. Gaz à effet de serre d'origine agricole 118
17. Amoniac 127
18. Particules 135

L'industrie des aliments et des boissons **143**

19. Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre 145
20. Utilisation de l'eau 155
21. Emballages 160

Comment relier science et politique **169**
22. Recours à la modélisation intégrée 169
23. Évaluation économique 173

Annexes **179**
24. Résultats provinciaux 179
24.1 Colombie-Britannique 179
24.2 Alberta 185
24.3 Saskatchewan 192
24.4 Manitoba 199
24.5 Ontario 206
24.6 Québec 212
24.7 Nouveau-Brunswick 218
24.8 Nouvelle-Écosse 224
24.9 Île-du-Prince-Édouard 229
24.10 Terre-Neuve-et-Labrador 234
25. Glossaire 239
26. Auteurs collaborateurs 246
27. Remerciements 249

Sommaire

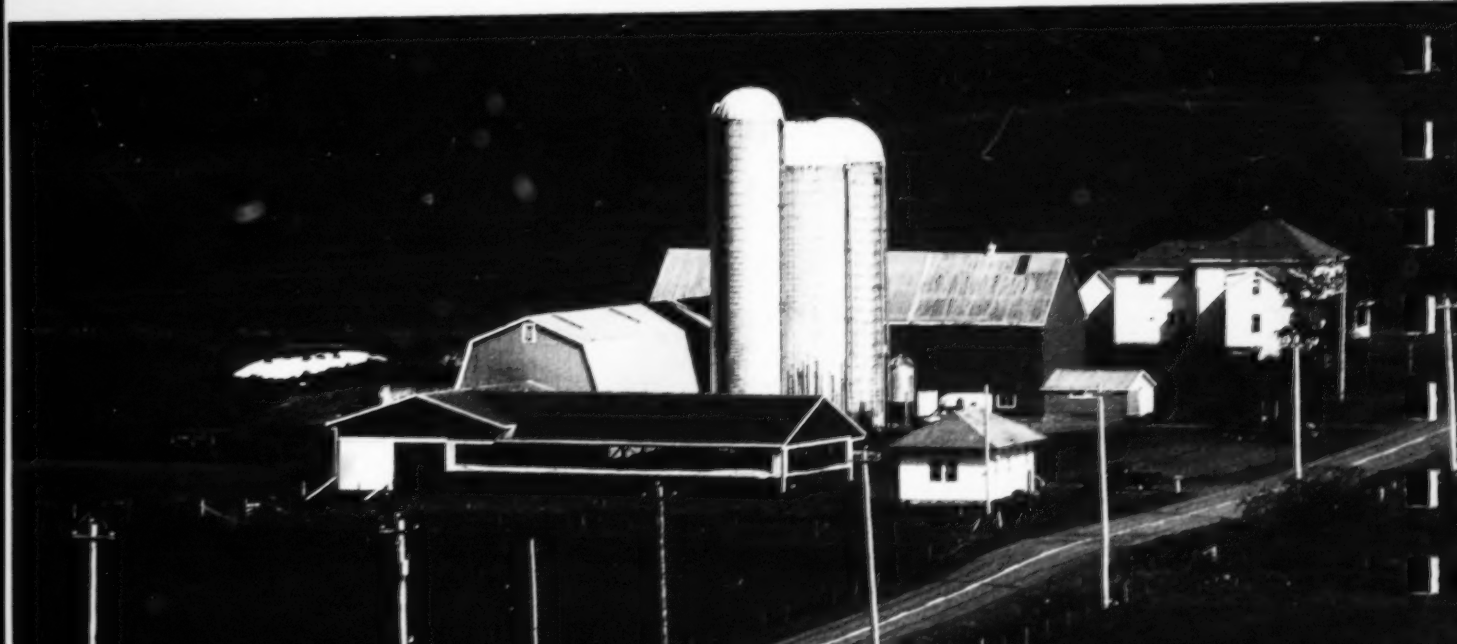
Au cours des dernières décennies, l'agriculture a fait l'objet de changements importants en raison de l'évolution des exigences du marché et des nouvelles technologies de production. Le nombre de fermes au Canada a baissé, mais leur taille moyenne – plus particulièrement la superficie cultivée en proportion des terres agricoles et le nombre de têtes de bétail – a augmenté. Ce virage vers une production plus intensive a sensibilisé davantage les agriculteurs, les gouvernements et le public au lien fondamental qui existe entre l'agriculture et l'environnement. Les Canadiens exigent de plus en plus que les agriculteurs et les transformateurs trouvent le juste équilibre entre les objectifs de production et les méthodes de production respectueuses de l'environnement.

Les décideurs agricoles de tous les niveaux ont besoin d'informations de bonne qualité pour faire face à ces enjeux économiques et environnementaux complexes. C'est pourquoi Agriculture et Agroalimentaire Canada a élaboré un ensemble d'indicateurs agroenvironnementaux scientifiques qui intègrent les informations pédologiques, climatiques et topographiques aux statistiques sur l'utilisation des terres et les pratiques de gestion des cultures et du bétail. Les indicateurs fournissent des renseignements utiles sur les conditions du milieu et les risques environnementaux en agriculture et la façon dont ils évoluent au fil du temps. En outre, les indicateurs sont conçus de façon à être sensibles aux écarts marqués des conditions et de l'éventail de produits d'une région à l'autre du Canada, écarts qui se reflètent dans les variations appréciables de la performance environnementale entre les régions. Grâce à l'approche systématique et aux ensembles de données communes utilisées, il est possible de mettre ces renseignements à l'échelle nationale pour cerner les tendances qui peuvent s'appliquer uniformément à toutes les régions du pays.

Les indicateurs mesurent la performance environnementale du secteur agricole et agroalimentaire pour la qualité du sol, de l'eau et de l'air, la gestion des terres agricoles et l'utilisation efficace des ressources dans l'industrie des aliments et des boissons. Les résultats de multiples indicateurs agroenvironnementaux associés à la qualité du sol, de l'eau et de l'air ont été intégrés aux indices de performance agroenvironnementale afin de simplifier la présentation de la performance environnementale globale. Les indices sont présentés ici afin de tirer des observations générales à l'échelle nationale sur la durabilité écologique du secteur agricole et agroalimentaire et les tendances connexes (voir le chapitre 2, tableau 2-2 pour une description de ces indices). Les variations régionales sont décrites de façon plus explicite dans le rapport.

Cette publication peut servir à dresser une fiche de rendement agroenvironnemental à l'intention des producteurs, des consommateurs et de la communauté internationale et à mettre en évidence les domaines où des efforts additionnels s'imposent. Elle peut aussi fournir des renseignements utiles aux décideurs pour l'élaboration et l'évaluation de la politique agricole.

Dans l'ensemble, les résultats montrent que les producteurs sont sensibles aux préoccupations environnementales et que des progrès ont été réalisés dans le sens de la *durabilité de l'environnement.* Toutefois, l'expansion et l'intensification des cultures et de l'élevage sous l'effet d'une augmentation de la demande d'aliments et de fibres ou d'un changement de conjoncture pourraient accroître les pressions que la production et les pratiques agricoles exercent sur l'environnement à moins que nous prenions les mesures appropriées pour les atténuer.



Qualité du sol

En tenant compte des divers aspects de la qualité du sol (figure E-1), on constate que la performance agroenvironnementale se situe de bonne à désirée et s'est généralement améliorée au cours de la période de 25 ans précédant 2006.

L'amélioration globale se reflète dans l'indice de performance pour l'érosion du sol, qui se classe maintenant dans la catégorie désirée (figure E-2), celui pour le changement du carbone organique dans le sol, qui est passé de moyen à bon, et celui pour la *salinisation* du sol, dont le score dans la fourchette de performance désirée s'est amélioré. L'indice de performance pour le risque de contamination par les *éléments traces* a été calculé seulement pour les années 1981 et 2006 et est demeuré stable dans la fourchette moyenne. Les gains de performance agroenvironnementale liés à la qualité du sol étaient principalement attribuables à l'amélioration des pratiques de gestion des terres, comme l'adoption accrue des pratiques de conservation et sans travail du sol, l'utilisation réduite des *jachères*, particulièrement avec travail du sol, ainsi que l'expansion des cultures *fourragères* et des cultures sous *couverture végétale permanente*.

Le fer de lance de l'amélioration de la performance était les provinces de l'Ouest, où l'agriculture est extensive et dominée par les céréales et les oléagineux. Cette région agricole se prête particulièrement bien aux pratiques de travail réduit et sans travail du sol. L'augmentation du nombre de jours de sol couvert découlant de ces pratiques aide aussi à améliorer l'humidité des sols, ce qui permet de réduire la superficie en jachère.

En général, les précipitations plus abondantes en Ontario, au Québec et dans les provinces de l'Atlantique favorisent une agriculture plus intensive et une différente combinaison de cultures. Comme dans le reste du pays, la performance agroenvironnementale liée à la qualité du sol s'est améliorée sur 25 ans dans l'Est du Canada, mais les pluies plus abondantes et la popularité accrue (quoique à la baisse) des régimes de travail classique du sol ont nui au rendement. Les pratiques de conservation du sol telles que le *travail réduit du sol*, la gestion des résidus et les cultures *couvre-sol d'hiver* aident à maintenir la couverture du sol. Ces pratiques doivent être maintenues, voire élargies dans toutes les régions agricoles du pays, particulièrement là où le type de culture et les pratiques de travail du sol laissent le sol exposé et vulnérable à l'érosion.

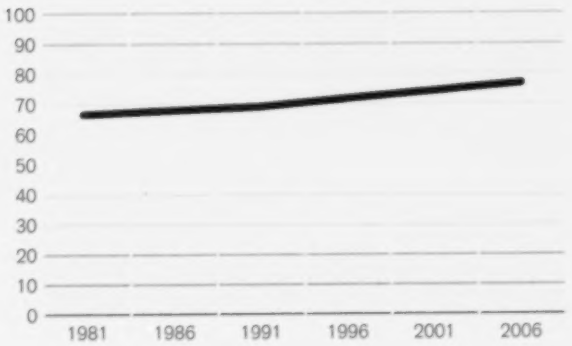


FIGURE E-1 **Indice de performance agroenvironnementale – qualité du sol**[1]

FIGURE E-2 **Indices des composantes de performance de la qualité du sol**

1 L'indice de performance agroenvironnementale pour la qualité du sol combine les indices pour l'érosion du sol, le changement du carbone organique du sol, la salinisation du sol et la contamination du sol par les éléments traces.

Qualité de l'eau

En tenant compte des divers aspects des risques pour la qualité de l'eau (figure E-3), on constate que la performance agroenvironnementale se situe actuellement dans la fourchette des bons rendements. Elle accuse néanmoins une baisse globale par rapport au niveau désiré en 1981. Cette baisse se reflète dans les indicateurs particuliers, qui sont généralement passés de la tranche des résultats désirés en 1981 à celle des bons résultats en 2006 (figure E-4). Une plus grande application d'éléments nutritifs (azote et phosphore) sous forme d'*engrais* et de fumier a été le principal facteur à l'origine de la baisse de l'indice de performance pour la qualité de l'eau partout au Canada.

Une baisse globale de la performance agroenvironnementale a été observée dans toutes les régions du pays, mais on a constaté un écart important entre les Prairies et le reste du Canada pour ce qui est du risque de contamination de l'eau par l'azote (N). L'Est du Canada et la Colombie-Britannique ayant des niveaux d'azote résiduel beaucoup plus élevés (provenant des cultures de légumineuses et de l'application excessive d'engrais et de fumier) et des climats plus humides, leurs taux de *ruissellement* et d'infiltration sont plus élevés que dans la région des Prairies. Étant donné le climat plus sec et les taux généralement plus faibles d'application d'azote, d'infiltration et de *lessivage*, le risque global de contamination par l'azote dans les Prairies se situe au niveau désiré plutôt que médiocre comme dans le reste du Canada.

Dans le cas du phosphore, les écarts entre l'Est et l'Ouest ne sont pas aussi importants. La performance dans les Prairies est passée de la tranche des résultats désirés en 1981 à celle des bons rendements en 2006 étant donné que le ratio des *terres cultivées* sur les terres agricoles, la *culture continue*, la diversification de la production et les hausses appréciables de la production de bovins et de porcs ont entraîné une augmentation de la quantité de phosphore provenant des engrais et du fumier. Dans l'Est du Canada, la performance a empiré de 1981 à 1996 avant de remonter au niveau désiré en 2001 et 2006. L'amélioration de la performance agroenvironnementale est liée à l'adoption de plans de gestion des éléments nutritifs, de règlements, de pratiques de conservation et de *pratiques de gestion bénéfiques* qui ont aidé à réduire l'excédent de phosphore, particulièrement en Ontario et au Québec.

Le déplacement d'animaux d'élevage de l'Est du Canada vers les Prairies a fait augmenter le risque de contamination de l'eau par les coliformes dans les Prairies, tandis que leur recul général dans le reste du Canada, particulièrement dans l'Est, s'est traduit par une performance agroenvironnementale relativement stable en ce qui a trait à la contamination par les coliformes.

Il faut multiplier les efforts partout au Canada pour réduire le risque de contamination des eaux de surface par les éléments nutritifs, les *pesticides* et les coliformes de même que le risque de lessivage au-delà de la profondeur d'enracinement de la végétation, particulièrement dans les régions où le taux de

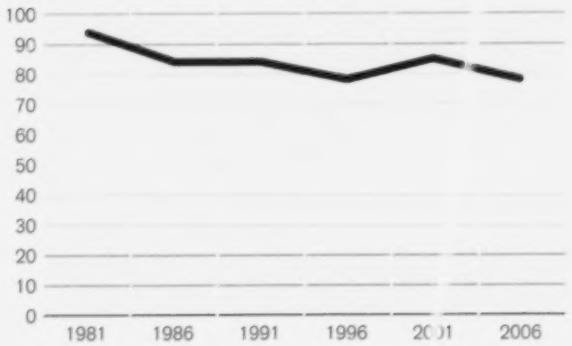


FIGURE E-3 **Indice de performance agroenvironnementale pour le Canada – qualité de l'eau[2]**

FIGURE E-4 **Indices des composantes du risque de contamination de l'eau**

pluviosité est plus élevé. Ces risques peuvent aussi être atténués par l'adoption de pratiques telles que les analyses de sol à intervalles réguliers et l'agriculture de précision (meilleure adaptation de l'application de facteurs de production agricole aux conditions naturelles locales), qui permettent d'utiliser les éléments nutritifs de façon plus efficace. Les pratiques qui ralentissent l'écoulement de surface, comme l'aménagement de zones tampons *riveraines*, les cultures couvre-sol d'hiver et le maintien des résidus de surface, aideront aussi à réduire le risque de contamination de l'eau.

2 L'indice de performance agroenvironnementale pour la qualité de l'eau combine les indices pour la contamination de l'eau par l'azote (N), le phosphore (P), les coliformes et les pesticides.

Qualité de l'air

En tenant compte des émissions atmosphériques globales de l'agriculture (figure E-5), on constate que la performance agroenvironnementale liée à la qualité de l'air est bonne, s'étant graduellement améliorée au cours graduellement améliorée au cours de la période de 25 ans précédant 2006. L'amélioration graduelle se reflète dans l'indice de performance pour les émissions de GES, qui a connu des fluctuations mais qui s'est généralement amélioré à l'intérieur de la catégorie des bons rendements durant cette période, et dans l'indice de performance pour les émissions de *particules*, qui a fait des progrès entre 1981 et 2006. L'indicateur des émissions d'*ammoniac*, qui n'a pu être calculé que pour les deux dernières années de référence, montrait une légère baisse de la performance entre 2001 et 2006 (figure E-6).

Les gains de performance agroenvironnementale liés à la qualité de l'air étaient principalement attribuables à l'amélioration des pratiques de gestion des terres telles que l'adoption accrue des pratiques de conservation et sans travail du sol, l'utilisation réduite des jachères (particulièrement avec travail du sol) ainsi que l'expansion des cultures fourragères et des cultures sous couverture végétale permanente. L'adoption de ces pratiques de gestion, particulièrement dans les Prairies, a fait des sols un *puits* net de carbone dans l'atmosphère, ce qui signifie que la quantité de carbone *séquestrée* dans le sol est supérieure à la quantité émise. Les mêmes pratiques ont abouti à une réduction des émissions de particules sur la période de l'étude. L'augmentation du nombre de têtes de bétail à l'échelle du pays entre 2001 et 2006 est la principale raison du léger fléchissement de l'indice de performance au chapitre des émissions d'ammoniac.

Les pratiques de gestion des terres qui favorisent la séquestration du carbone organique dans le sol, comme le travail réduit du sol et la gestion des résidus pour protéger le couvert végétal, doivent être maintenues et élargies afin d'accroître la quantité de dioxyde de carbone retirée de l'atmosphère et stockée dans le sol. Les pratiques semblables qui réduisent le nombre d'activités au champ et qui protègent la surface du sol contre l'érosion éolienne aident à réduire les émissions de particules. Les stratégies améliorées d'alimentation des animaux et l'utilisation plus efficace de l'azote en agriculture sont des exemples de pratiques de gestion bénéfiques qui peuvent aider à réduire les émissions de méthane, d'ammoniac et d'*oxyde nitreux*.

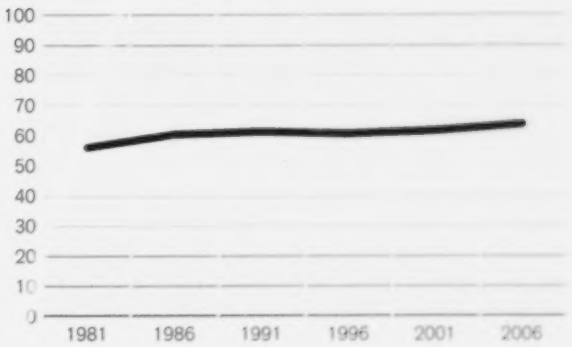


FIGURE E-5 **Indice de performance agroenvironnementale – qualité de l'air**[3]

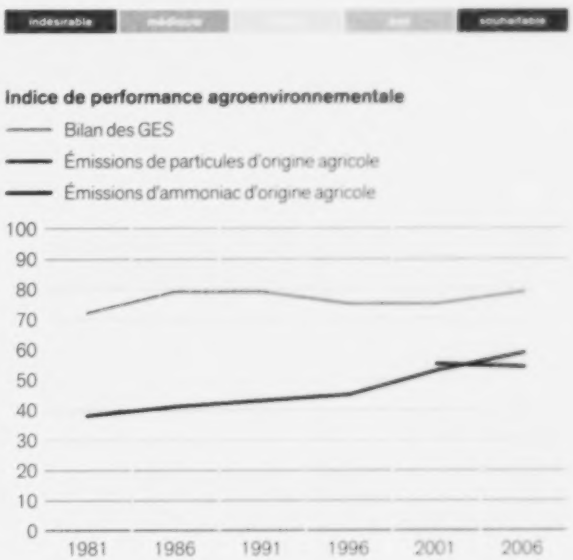


FIGURE E-6 **Indices des composantes de la qualité de l'air**

3 L'indice de performance agroenvironnementale pour la qualité de l'air combine les indices pour les émissions de gaz à effet de serre (GES), de particules (PM) et d'ammoniac d'origine agricole.

Gestion des terres agricoles

le mode d'utilisation et de gestion des terres agricoles est un des principaux déterminants de l'effet de l'agriculture sur l'environnement. Les tendances de l'évolution du mode d'utilisation des terres et de l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques fournissent des renseignements très pertinents pour aider à comprendre les résultats à partir des indicateurs de performance environnementale.

Au cours de la période de 1981 à 2006 (25 ans), l'utilisation des terres agricoles au Canada s'est intensifiée étant donné que la superficie en culture et la proportion de terres cultivées ont augmenté en grande partie à cause de la diminution de la superficie en *pâturages* et en terres improductives dans l'Est du Canada et de la superficie en jachère dans l'Ouest du Canada. En réaction aux débouchés commerciaux, les régimes de culture se sont diversifiés et la proportion d'oléagineux, de légumineuses et de cultures fourragères a augmenté au détriment de celle de céréales plus traditionnelles. Le nombre total d'animaux dans toutes les catégories principales de bétail s'est accru dans l'ensemble du Canada au cours de cette période de 25 ans. Toutefois, le nombre de bovins a diminué de 26 % dans l'Est et augmenté de 41 % dans l'Ouest en raison surtout de l'abolition des subventions gouvernementales au transport des céréales fourragères.

En même temps, les producteurs de l'ensemble du Canada appliquent un certain nombre de pratiques bénéfiques pour gérer le fumier, les engrais et les pesticides et protéger les ressources en terres et en eau. Les résultats révèlent un taux élevé d'adoption de pratiques de gestion des nutriments, dont l'analyse des éléments nutritifs dans le sol, l'optimisation du moment choisi pour épandre et incorporer le fumier et les engrais solides et liquides, et l'accroissement de la capacité d'entreposage du fumier. Les résultats montrent également que des améliorations pourraient être apportées dans d'autres domaines comme les pratiques d'entreposage du fumier solide et liquide, l'accès du bétail aux eaux de surface et l'épandage de pesticides. L'adoption de pratiques de conservation et sans travail du sol s'est accrue dans l'ensemble du Canada, au point de couvrir 72 % des terres cultivées en 2006, et a contribué ainsi à l'amélioration globale de la santé des sols au Canada.

Le paysage agricole canadien est une mosaïque de terres cultivées, naturelles et semi-naturelles qui sont utilisées par près de 600 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens. Le paysage agricole est dynamique et les facteurs économiques incitent à effectuer des changements de couverture terrestre qui peuvent être utiles (conversion de jachères en pâturages) ou nuisibles (conversion de zones humides en terres cultivées) à l'*habitat faunique*. Entre 1986 et 2006, la perte de terres naturelles et semi-naturelles et l'intensification de la production agricole ont entraîné, à l'échelle nationale, un recul de la capacité moyenne des terres agricoles à offrir un habitat faunique. Cette tendance nationale peut varier en importance d'une région à l'autre selon que la proportion de terres naturelles et semi-naturelles dans le paysage est élevée ou non. Il faut encourager les pratiques de gestion bénéfiques comme la conservation des zones riveraines, l'adoption de méthodes de conservation du sol, la gestion des terrains boisés et la rotation des pâturages, surtout dans les régions agricoles où la capacité d'habitat faunique est limitée et dans les secteurs où cette capacité a beaucoup diminué.

Industrie des aliments et des boissons

des indicateurs d'*écoefficacité* pour l'industrie des aliments et des boissons ont été mis au point afin d'évaluer l'intensité d'utilisation des ressources par dollar de produits manufacturés. Ces indicateurs ont été calculés pour les années repères, ce qui signifie qu'aucune analyse des tendances nationales n'est disponible pour le moment. Comme les établissements canadiens de transformation des aliments et boissons diffèrent sur le plan de la structure et des produits, ils n'affichent pas tous la même intensité d'utilisation des ressources. Par exemple, les secteurs de la mouture de céréales et d'oléagineux et de la fabrication de sucre et de confiseries utilisent beaucoup plus d'énergie que les secteurs des poissons et fruits de mer, des produits de viande et des produits laitiers. En outre, les types d'énergies utilisées varient selon les régions dans un secteur donné et influencent l'utilisation d'énergie et l'intensité des émissions de GES au sein de l'industrie. Les différences au niveau de la structure et des produits affectent aussi l'utilisation des matériaux d'emballage ainsi que l'intensité du prélèvement et de l'évacuation d'eau. Les futures mises à jour de ces indicateurs permettront d'analyser les tendances.

Introduction

01 Introduction
02 Évaluation de la pérennité environnementale du secteur agroalimentaire
03 Facteurs influents

01 Introduction

AUTEURS
R. MacKay, A. Lefebvre

Le secteur agricole canadien a beaucoup évolué au cours des 25 dernières années. Le Canada a vu une réduction du nombre d'exploitations agricoles, mais une augmentation de leur taille moyenne, de la superficie cultivée et du nombre d'animaux d'élevage. L'avancement de la technologie et des pratiques d'exploitation a permis aux agriculteurs de gérer des entreprises nettement plus grandes avec la même main-d'œuvre ou moins de main-d'œuvre, ce qui a rendu possible l'ajustement structurel vers l'intensification de la production et permis de réaliser les économies d'échelle voulues compte tenu de la baisse des marges bénéficiaires.

Tout au long de cette période, les producteurs ont dû accroître leur efficience et leurs rendements sur une quantité limitée de terres, tout en évoluant sur un marché mondial hautement concurrentiel caractérisé par les fluctuations de prix des produits. Ils ont également dû faire face à un certain nombre de défis naturels, économiques et sociaux, dont des sécheresses, des inondations, les prix élevés de l'énergie, le développement urbain et une réglementation de plus en plus rigoureuse.

La recherche scientifique a entraîné des progrès technologiques tels que de nouveaux cultivars et de nouvelles machines, ainsi qu'une amélioration des pratiques de production grâce à une utilisation plus efficace des *intrants* tels que les engrais et les pesticides. Ces améliorations ont permis aux producteurs d'exercer leurs activités avec plus de souplesse et d'innovation et d'intensifier la production. La production agricole étant de plus en plus sophistiquée et intensive, les pressions environnementales sont devenues plus complexes. Cette situation a attiré l'attention du public et des consommateurs sur les pratiques agricoles, de sorte qu'il est encore plus difficile pour les producteurs de concilier la réalisation de leurs objectifs économiques avec une gestion durable de leurs terres. Autrement dit, les producteurs doivent répondre aux besoins des générations d'aujourd'hui sans compromettre ceux des générations futures (Commission mondiale des Nations Unies sur la coopération et le développement, 1987).

Ces conditions ne veulent pas dire que la dégradation de l'environnement est une conséquence inévitable de l'agriculture. Heureusement, les producteurs comprennent généralement bien l'importance de gérer les fonctions et services d'*écosystème* tels que le cycle des éléments nutritifs et de l'eau, la séquestration du carbone, le stockage et la pollinisation, et de préserver les ressources naturelles essentielles telles que l'eau, le sol et la *biodiversité*, afin d'assurer la viabilité à long terme de l'agriculture.

Évaluation de la performance environnementale : les indicateurs agroenvironnementaux

Les écosystèmes agricoles sont des écosystèmes gérés par l'être humain, qui produisent des aliments, des fibres et d'autres biens destinés à la société. Les manipulations requises pour produire ces biens, qui comprennent le défrichage, le travail du sol, l'ensemencement, la récolte, l'ajout d'éléments nutritifs, l'*irrigation*, le désherbage et la lutte antiparasitaire, peuvent prendre différentes formes. Les écosystèmes agricoles, comme les écosystèmes naturels, sont dynamiques, et un flux constant d'énergie, d'eau et d'éléments chimiques y pénètre et en sort par cycles.

Les décideurs du secteur agricole doivent disposer de renseignements fiables pour bien comprendre et gérer des systèmes écologiques complexes (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2005) en plus des considérations économiques et sociales. Cependant, la nature hautement technique et à long terme de la recherche écologique signifie que les résultats ne sont pas toujours disponibles au moment voulu et ne sont pas toujours faciles à comprendre.

En 1993, pour répondre aux besoins en renseignements agroenvironnementaux et évaluer les effets des politiques agricoles sur l'environnement, Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) a entrepris l'élaboration d'un ensemble d'indicateurs environnementaux, fondés sur des principes scientifiques et propres au secteur agricole et agroalimentaire (McRae et coll., 2000). Ce mandat a été renforcé en 2003 lorsque AAC a mis sur pied le Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA). Les indicateurs agroenvironnementaux (IAE) rassemblent une grande quantité de données biophysiques comme le type de sol et les conditions climatiques et topographiques, et combinent celles-ci avec les données sur l'utilisation des terres, les pratiques culturales et la gestion du bétail. On obtient ainsi des mesures faciles à comprendre qui peuvent éclairer les décideurs des secteurs agricole et autres sur les points suivants :

- La performance environnementale de l'agriculture, c.-à-d. la gestion et la conservation des ressources naturelles et la compatibilité avec l'environnement dans son ensemble.
- L'évolution de la performance agroenvironnementale au fil du temps.
- L'impact de l'adoption des pratiques de gestion bénéfiques à l'environnement.
- L'élaboration de stratégies et de mesures visant à protéger les secteurs et les ressources qui demeurent exposés à un risque environnemental.
- L'efficacité des politiques et programmes agricoles.

Contribution au travail de l'OCDE

L'agriculture est liée à bon nombre de questions environnementales mondiales, et les produits agricoles sont des éléments clés des échanges internationaux. Des indicateurs comparables sont en voie d'élaboration à l'échelle internationale pour aider les chercheurs à mieux comprendre la santé de l'environnement mondial et comparer la performance agroenvironnementale du secteur agricole de différents pays.

L'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a récemment publié un rapport intitulé *La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1990* (OCDE, 2008), lequel résume les efforts réalisés par ses pays membres en vue de mettre au point un ensemble d'IAE fondés sur des méthodes cohérentes et compatibles. Les indicateurs de l'OCDE :

- fournissent des renseignements sur l'état actuel et l'évolution des conditions de l'environnement en agriculture;
- identifient les liens entre les effets environnementaux de l'agriculture, la réforme de la politique agricole, la libéralisation des échanges et les mesures environnementales ainsi que les causes connexes, et orientent les réactions aux mutations des conditions environnementales;
- évaluent l'efficacité avec laquelle les politiques aident à régler les problèmes agroenvironnementaux et à promouvoir une *agriculture durable*.

L'élaboration d'indicateurs environnementaux internationaux constitue un défi particulier en raison des différences dans les conditions environnementales, l'activité économique, les priorités nationales et la disponibilité des données entre les pays. Grâce au travail d'AAC sur les IAE, le Canada contribue activement aux efforts de l'OCDE et profite de la coopération et de l'échange de résultats.

Le présent rapport, intitulé *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport no 3*, s'appuie sur les efforts antérieurs. Les résultats et tendances de la performance agroenvironnementale sont maintenant présentés pour la période de 25 ans s'étendant de 1981 à 2006 pour de nombreux indicateurs. La plupart des indicateurs définis dans les rapports antérieurs ont été rendus plus précis et mis à jour, et les méthodes de calcul ont été améliorées. Presque tous les indicateurs présentent maintenant les résultats à l'échelle nationale et provinciale. Certains indicateurs qui étaient en voie d'élaboration au moment de la rédaction du deuxième rapport (Lefebvre et coll., 2005) ont progressé au point où il est maintenant possible de présenter des résultats nationaux. Une description des progrès réalisés à ce jour est fournie pour les indicateurs encore mis au point.

D'autres pressions ou réactions comme l'évolution des marchés, des politiques gouvernementales et des dépenses privées agissent également sur la performance environnementale du secteur. Bien que ces facteurs additionnels ne soient pas traités dans le présent rapport, le chapitre 3 traite des progrès réalisés dans l'intégration des IAE avec les modèles économiques. Ce travail aide à évaluer et à prédire les résultats environnementaux de différents scénarios économiques et il peut fournir aux décideurs des renseignements plus complets sur les risques et avantages environnementaux et économiques de différentes options stratégiques. On a également accompli des progrès dans la détermination de la valeur économique des biens et services écologiques fournis par les *agroécosystèmes*.

Les gouvernements fédéral et provinciaux ayant réitéré leur engagement à aider les producteurs à améliorer leur performance environnementale dans le cadre de *Cultivons l'avenir*[1], l'information associée aux IAE de ce rapport aidera à suivre les progrès réalisés par les producteurs dans la gestion des contraintes que la production et les pratiques agricoles exercent sur l'environnement.

Les résultats des indicateurs présentés dans ce rapport ont pour objet de donner un aperçu des conditions et des risques environnementaux en agriculture à l'échelle régionale et nationale. Le rapport est destiné aux lecteurs qui désirent se renseigner sur les enjeux environnementaux les plus importants pour le secteur agricole, et savoir si ce secteur se dirige vers la pérennité environnementale ou s'en éloigne. Il peut servir de fiche de rendement pour les producteurs, les consommateurs et la communauté internationale, car il indique les secteurs où des efforts additionnels doivent être déployés. Il fournit aussi des renseignements utiles aux décideurs pour élaborer et évaluer les politiques agricoles.

Références

Lefebvre, A., Eilers, W. et Chunn, B. (éd). (2005). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les Indicateurs agroenvironnementaux - Rapport no 2*. Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

McRae, T., Smith, C.A.S., et Gregorich L.J. (éd). (2000). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Rapport sur le projet des indicateurs agroenvironnementaux*. Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Évaluation des écosystèmes pour le millénaire. (2005). *Les écosystèmes et le bien-être de l'Homme : Un cadre d'évaluation*. Washington DC, Island Press.

Organisation de coopération et de développement économiques. (2008). *La performance environnementale de l'agriculture dans les pays de l'OCDE depuis 1990*. Téléchargé le 15 juillet 2009 depuis http://www.oecd.org/document/56/0,3343,fr_2649_33793_40831472_1_1_1_1,00.html

Commission mondiale des Nations Unies sur l'environnement et le développement. (1987). *Notre avenir à tous*. Oxford, Oxford University Press.

1 *Cultivons l'avenir* est un accord conclu entre les gouvernements fédéral, provinciaux et territoriaux pour : favoriser le développement d'un secteur agricole et agroalimentaire compétitif et novateur; veiller à ce que ce secteur contribue aux priorités de la société; gérer les risques de façon proactive.

02 Évaluation de la pérennité environnementale du secteur agroalimentaire

AUTEUR
W. D. Eilers

Sommaire

Le présent chapitre explique comment Agriculture et Agroalimentaire Canada utilise les indicateurs agroenvironnementaux (IAE) pour procéder à des évaluations nationales exhaustives et rendre compte de la performance agroenvironnementale de l'agriculture primaire et de l'industrie de transformation des aliments et des boissons. Ce document couvre quatre grands aspects de l'agriculture primaire : la gestion des terres agricoles, la qualité du sol, la qualité de l'eau et la qualité de l'air. En ce qui concerne l'industrie des aliments et des boissons, les indicateurs servent à évaluer l'utilisation des ressources et l'intensité des émissions pour l'utilisation d'énergie, les émissions de *gaz à effet de serre*, l'utilisation de l'eau et les *effluents* liquides, et l'utilisation des matériaux d'emballage.

Indicateurs agroenvironnementaux

Les IAE peuvent servir à évaluer la pérennité environnementale de l'agriculture. Ils sont censés tenir compte des changements dans les pratiques d'utilisation et de gestion des terres, se prêter à l'analyse de vastes superficies, et mettre l'accent sur les impacts négatifs et positifs du secteur sur l'environnement. Pour être jugés cohérents et crédibles, les IAE doivent satisfaire aux critères fondamentaux suivants :

ÊTRE PERTINENTS EN MATIÈRE DE POLITIQUE
Les indicateurs doivent être liés à un enjeu environnemental que les gouvernements et d'autres intervenants du secteur agricole et agroalimentaire tentent de régler.

REPOSER SUR DE SOLIDES BASES SCIENTIFIQUES
Le calcul des indicateurs doit faire appel à des méthodes reposant sur de solides bases scientifiques, reproductibles, défendables et acceptées, bien que leur élaboration puisse supposer des étapes d'amélioration successives.

ÊTRE COMPRÉHENSIBLES
La signification de la valeur déclarée des indicateurs doit être facile à comprendre pour les non-scientifiques.

PERMETTRE D'IDENTIFIER UN CHANGEMENT GÉOSPATIAL ET TEMPOREL
Les indicateurs doivent permettre de reconnaître les tendances temporelles et spatiales.

ÊTRE FAISABLES
Le calcul des indicateurs doit faire appel à des données existantes dans la mesure du possible, et le coût de leur élaboration doit être raisonnable.

Les indicateurs appartiennent généralement à l'une des trois catégories suivantes :

1. Les ***indicateurs de risque*** estiment la probabilité d'un impact environnemental possible.

2. Les ***indicateurs d'état*** estiment l'existence et l'ampleur réelles d'un impact.

3. Les ***indicateurs de l'écoefficacité*** estiment l'efficience de l'utilisation des ressources, en règle générale en comparant les intrants et les *extrants* de certaines matières.

Méthode de calcul

AGRICULTURE PRIMAIRE
Les IAE qui permettent d'évaluer l'agriculture primaire sont calculés à l'aide de modèles ou de formules mathématiques qui intègrent des données sur le sol, le climat et le paysage, tirées principalement des *Pédo-paysages du Canada* (PPC) (Groupe de travail sur les Pédo-paysages du Canada, 2007), à des renseignements sur les cultures, l'utilisation et la gestion des terres et l'élevage provenant des résultats du *Recensement de l'agriculture* et d'autres ensembles de données adaptées provenant d'organismes provinciaux, du secteur privé, de la télédétection, etc. Les résultats sont généralisés afin de donner un aperçu des conditions ambiantes du paysage à un moment donné. Ces modèles et formules mathématiques ont été adaptés ou élaborés à partir de connaissances scientifiques solides sur les interactions de divers aspects des pratiques agricoles avec l'environnement et d'une connaissance de celles-ci.

Les résultats résumés du Recensement de l'agriculture et/ou d'enquêtes spéciales comme l'Enquête sur la *gestion agroenvironnementale* (Statistique Canada, 2007) sont aussi présentés dans le présent rapport (chapitres 4 et 5) pour compléter l'information fournie par les IAE. Sans être considérés comme des indicateurs en soi, ces résultats fournissent des renseignements importants qui peuvent en faciliter l'interprétation par les chercheurs.

Les données utilisées pour calculer les IAE sont recueillies à différentes échelles temporelles et géographiques et doivent être interprétées et intégrées à un cadre géospatial commun pour le calcul et la représentation cartographique des indicateurs. Les zones utilisées pour la plupart des calculs associés aux modèles d'indicateurs pour l'agriculture primaire sont les *polygones* de la série cartographique des PPC.

On a identifié un ensemble commun de polygones agricoles des PPC en analysant le Recensement de l'agriculture, les données

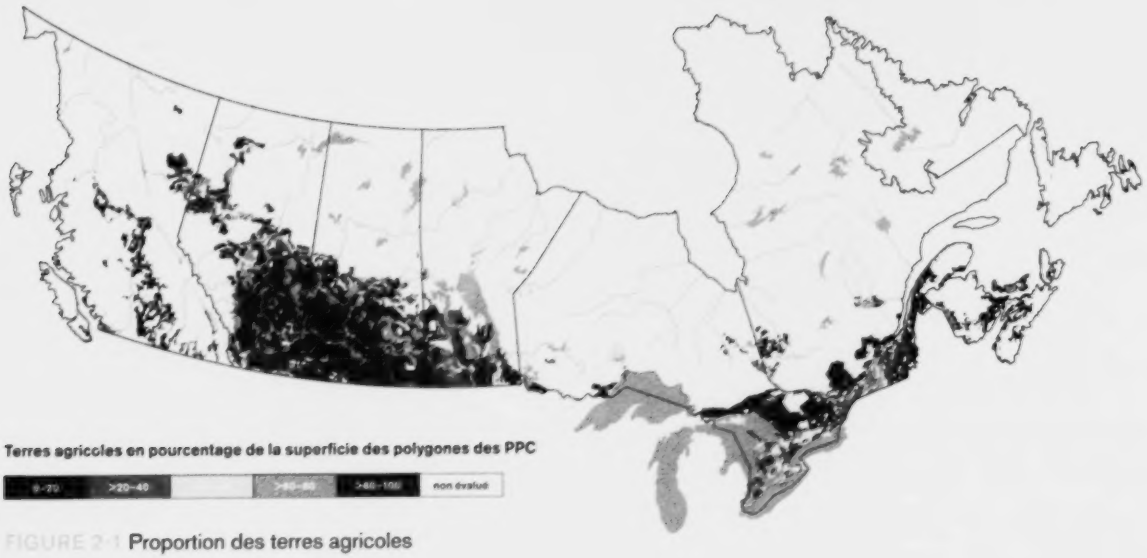


FIGURE 2-1 Proportion des terres agricoles

de télédétection et les connaissances des experts locaux. La figure 2-1 est une carte indiquant les polygones agricoles des PPC ainsi que le pourcentage de terres agricoles à l'intérieur de ces polygones. Cette carte définit l'étendue de la zone agricole couverte par les IAE du présent rapport. Dans les régions limitrophes où les activités agricoles sont fortement dispersées, certains polygones des PPC sont omis des calculs parce qu'il n'y a pas suffisamment d'informations vérifiables. L'agriculture au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut a aussi été exclue de l'étude.

Un deuxième cadre fondé sur les limites des bassins versants, Données-cadres à l'échelle nationale sur l'hydrologie – Aires de *drainage*, Canada, v. 5.0 (CNRC, 2003), est utilisé par deux indicateurs qui évaluent le risque pour la qualité de l'eau. Ce cadre permet d'intégrer les données de gestion agricole et des sols au réseau de drainage de surface dans ces bassins versants de façon à indiquer le risque pour la qualité de l'eau de sources agricoles.

On peut accéder aux capacités de cartographie en ligne, à une description détaillée des méthodologies et aux sources de données pour chaque indicateur en visitant le site Web d'AAC à **www.agr.gc.ca/pnarsa**

SECTEUR DE LA TRANSFORMATION DES ALIMENTS ET DES BOISSONS

Pour transformer les produits de l'agriculture et de la mer en produits de consommation, l'industrie des aliments et des boissons consomme des ressources – énergie, eau et matériaux de conditionnement – et peut déverser des déchets – émissions gazeuses, effluents liquides et matières organiques – dans l'environnement. Les indicateurs pour l'industrie de transformation des aliments et des boissons ont été mis au point afin d'évaluer l'intensité avec laquelle l'industrie utilise les ressources et déverse des déchets dans l'environnement. Les indicateurs se fondent en grande partie sur les résultats de deux enquêtes réalisées par Statistique Canada : l'Enquête annuelle des manufactures de 2002 et l'Enquête sur l'utilisation de l'eau dans les industries de 2005. Ils sont calculés en proportion de la quantité de ressources utilisées ou de déchets déversés par dollar de produit vendu.

Ces indicateurs sont établis à l'échelle nationale, selon le sous-secteur, l'emplacement géographique et la taille de l'usine de transformation. Ils permettent d'évaluer les tendances de la performance environnementale par taille d'établissement et par région à l'intérieur du même secteur. Les résultats des indicateurs sont relatifs, chaque établissement étant classé par rapport aux exploitations les plus écoefficaces du secteur.

Comprendre les résultats

Un cadre de classification standard a été établi pour tous les indicateurs afin d'aider les chercheurs à les interpréter. Ce cadre consiste en un système de classement en cinq catégories, dont chacune correspond à une signification générale pour la pérennité environnementale ou à une implication stratégique donnée (tableau 2-1).

Les cartes utilisées dans ce rapport qui montrent les résultats des indicateurs représentent généralement les évaluations les plus récentes des conditions en question, qui correspondent à l'état des indicateurs fondé sur les données du Recensement de l'agriculture de 2006. Ces cartes attribuent une valeur aux polygones des PPC ou autres polygones spatiaux, tandis que les résultats s'appliquent seulement à la partie agricole des polygones. De plus, les résultats liés aux indicateurs présentent des valeurs agrégées de sorte que, même s'il existe une vaste gamme de valeurs dans un polygone donné des PPC, l'agrégation peut masquer les réalités locales. Pour cette raison (à laquelle s'ajoutent d'autres limites), les indicateurs ne peuvent pas être interprétés comme une illustration des conditions propres à une exploitation agricole particulière.

TABLEAU 2-1 Description des catégories pour les indicateurs de risque

Catégories	Signification	Implication
1. Très faible risque	En général, ce degré de risque est **négligeable**. Il est possible que la santé agroenvironnementale soit maintenue ou améliorée avec le temps.	Une analyse plus détaillée de la situation se justifie, pour comprendre les divers facteurs qui ont conduit à cette cote. Il serait peut être possible d'exporter les approches des politiques et des programmes à des zones où le risque est supérieur.
2. Faible risque	Dans de nombreux cas, ce degré de risque peut être acceptable. Il existe un faible risque que la santé agroenvironnementale soit dégradée de façon appréciable.	L'adoption continue de pratiques de gestion bénéfiques, mieux adaptées aux limites des ressources biophysiques, peut améliorer la pérennité dans certaines zones. Des mesures (politiques ou programmes) particulières ne sont pas nécessairement justifiées.
	Il est important d'être à la situation. Il existe un risque modéré que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.	Il faut évaluer la tendance à converger vers la pérennité ou à s'en éloigner. Il faut consacrer plus d'attention à la promotion locale de l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques afin de mieux tenir compte des limites des ressources biophysiques et de réduire ce risque.
4. Risque élevé	Une préoccupation élevée se justifie. Dans la situation actuelle, il existe un risque important que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.	Il est probablement justifié de procéder à une évaluation locale plus approfondie. Des efforts additionnels et des mesures ciblées sont probablement nécessaires à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques.
5. Risque très élevé	Une **attention immédiate** est probablement requise. Dans les conditions actuelles, il existe un très fort risque que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.	Une évaluation locale plus poussée est nécessaire. Des mesures concrètes ciblées sont probablement nécessaires à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques. Il pourrait être nécessaire d'envisager d'autres modes d'utilisation des terres afin de réduire ce risque.

Remarque : Un schéma semblable peut être appliqué aux indicateurs qui ne sont pas des indicateurs de risque, moyennant de légères variations dans la description des catégories, leur signification et leurs implications.

La tendance temporelle révélée par un indicateur est aussi importante que la condition ou l'état actuel de cet indicateur. Les tendances temporelles sont généralement présentées dans des tableaux qui montrent les résultats pour le Canada et chacune des provinces pour chaque année où l'indicateur a été calculé. Les cartes sont incluses dans chaque chapitre pour montrer les régions dont la catégorie d'indicateur a changé (généralement entre 1981 et 2006).

Un indice de performance agroenvironnementale a été mis au point pour illustrer l'état et les tendances temporelles de la performance environnementale. L'indice présente les résultats pour chaque indicateur et il peut aussi agréger de multiples indicateurs par thème environnemental (p. ex. qualité de l'eau). Le calcul de cet indice sans unité se fonde sur le pourcentage de terres agricoles qui tombent dans chacune des cinq catégories pour chaque indicateur. L'échelle de l'indice varie entre 0 (toutes les terres agricoles dans la catégorie d'indicateur la moins souhaitable) et 100 (toutes les terres dans la catégorie d'indicateur la plus souhaitable) (tableau 2-2). L'indice est présenté sous forme graphique au début de chaque chapitre portant sur un *indicateur agroenvironnemental* et il sert à discuter des tendances globales dans le sommaire.

Les IAE communiquent des informations sommaires sur d'importants enjeux d'un point de vue biophysique, mais ils ne servent pas seulement à illustrer l'état actuel et les tendances. Un indicateur donné peut signaler un changement évident du risque, mais la complexité des interactions de l'agriculture avec l'environnement signifie que les tendances positives dans un indicateur peuvent entraîner des tendances négatives dans un autre. Les indicateurs ne doivent donc pas être interprétés isolément. Il y a aussi des questions sectorielles plus vastes à

TABLEAU 2-2 Indice de performance agroenvironnementale

Échelle	Souhaitable 81–100	L'échelle de cet indice sans unité s'étend de 0 à 100. Plus la valeur est élevée, plus il y a de terres agricoles dans les catégories de risque plus faible pour les indicateurs inclus dans chaque indice. Une valeur hypothétique de 100 signifierait que toutes les terres agricoles se classent dans la catégorie de risque très faible (ou qu'elles sont considérées comme durables sur le plan de l'environnement). Une valeur hypothétique de 0 signifierait que toutes les terres agricoles se classent dans la catégorie de risque très élevé.
	Bon 61–80	
	[illegible]	
	Médiocre 21–40	
	Indésirable 0–20	
Objectif	81+, Stable ou en voie d'amélioration	Cet objectif correspond au résultat visé à long terme. Il n'est pas censé s'appliquer à court terme.

prendre en compte, comme les coûts et avantages socioéconomiques et environnementaux globaux associés à l'adoption d'autres pratiques d'utilisation ou de gestion des terres. AAC conçoit non seulement des IAE mais aussi des outils et approches permettant de lier ces indicateurs à des modèles économiques et stratégiques, afin d'orienter l'évaluation et l'élaboration des politiques et programmes. L'emploi des indicateurs dans l'élaboration des politiques fait l'objet d'une discussion plus poussée au chapitre 22.

Limites

Les scientifiques qui mettent au point des IAE évaluent la performance environnementale d'un système complexe dont on ne comprend pas tous les aspects et ils doivent travailler dans

Proportion des terres agricoles

de télédétection et les connaissances des experts locaux. La figure 2-1 est une carte indiquant les polygones agricoles des PPC ainsi que le pourcentage de terres agricoles à l'intérieur de ces polygones. Cette carte définit l'étendue de la zone agricole couverte par les IAE du présent rapport. Dans les régions limitrophes où les activités agricoles sont fortement dispersées, certains polygones des PPC sont omis des calculs parce qu'il n'y a pas suffisamment d'informations vérifiables. L'agriculture au Yukon, dans les Territoires du Nord-Ouest et au Nunavut a aussi été exclue de l'étude.

Un deuxième cadre fondé sur les limites des bassins versants. Données-cadres à l'échelle nationale sur l'hydrologie – Aires de *drainage*, Canada, v. 5.0 (CNRC, 2003), est utilisé par deux indicateurs qui évaluent le risque pour la qualité de l'eau. Ce cadre permet d'intégrer les données de gestion agricole et des sols au réseau de drainage de surface dans ces bassins versants de façon à indiquer le risque pour la qualité de l'eau de sources agricoles.

On peut accéder aux capacités de cartographie en ligne, à une description détaillée des méthodologies et aux sources de données pour chaque indicateur en visitant le site Web d'AAC à **www.agr.gc.ca/pnarsa**

SECTEUR DE LA TRANSFORMATION DES ALIMENTS ET DES BOISSONS

Pour transformer les produits de l'agriculture et de la mer en produits de consommation, l'industrie des aliments et des boissons consomme des ressources – énergie, eau et matériaux de conditionnement – et peut déverser des déchets – émissions gazeuses, effluents liquides et matières organiques – dans l'environnement. Les indicateurs pour l'industrie de transformation des aliments et des boissons ont été mis au point afin d'évaluer l'intensité avec laquelle l'industrie utilise les ressources et déverse des déchets dans l'environnement. Les indicateurs se fondent en grande partie sur les résultats de deux enquêtes réalisées par Statistique Canada : l'Enquête annuelle des manufactures de 2002 et l'Enquête sur l'utilisation de l'eau dans les industries de 2005. Ils sont calculés en proportion de la quantité de ressources utilisées ou de déchets déversés par dollar de produit vendu.

Ces indicateurs sont établis à l'échelle nationale, selon le sous-secteur, l'emplacement géographique et la taille de l'usine de transformation. Ils permettent d'évaluer les tendances de la performance environnementale par taille d'établissement et par région à l'intérieur du même secteur. Les résultats des indicateurs sont relatifs, chaque établissement étant classé par rapport aux exploitations les plus écoefficaces du secteur.

Un cadre de classification standard a été établi pour tous les indicateurs afin d'aider les chercheurs à les interpréter. Ce cadre consiste en un système de classement en cinq catégories, dont chacune correspond à une signification générale pour la pérennité environnementale ou à une implication stratégique donnée (tableau 2-1).

Les cartes utilisées dans ce rapport qui montrent les résultats des indicateurs représentent généralement les évaluations les plus récentes des conditions en question, qui correspondent à l'état des indicateurs fondé sur les données du Recensement de l'agriculture de 2006. Ces cartes attribuent une valeur aux polygones des PPC ou autres polygones spatiaux, tandis que les résultats s'appliquent seulement à la partie agricole des polygones. De plus, les résultats liés aux indicateurs présentent des valeurs agrégées de sorte que, même s'il existe une vaste gamme de valeurs dans un polygone donné des PPC, l'agrégation peut masquer les réalités locales. Pour cette raison (à laquelle s'ajoutent d'autres limites), les indicateurs ne peuvent pas être interprétés comme une illustration des conditions propres à une exploitation agricole particulière.

Description des catégories pour les indicateurs de risque

Catégories	Signification	Implication
1. Très faible risque	En général, ce degré de risque est négligeable. Il est possible que la santé agroenvironnementale soit maintenue ou améliorée avec le temps.	Une analyse plus détaillée de la situation se justifie, pour comprendre les divers facteurs qui ont conduit à cette cote. Il serait peut être possible d'exporter les approches des politiques et des programmes à des zones où le risque est supérieur.
	Dans de nombreux cas, ce degré de risque peut être . Il existe un faible risque que la santé agroenvironnementale soit dégradée de façon appréciable.	L'adoption continue de pratiques de gestion bénéfiques, mieux adaptées aux limites des ressources biophysiques, peut améliorer la pérennité dans certaines zones. Des mesures (politiques ou programmes) particulières ne sont pas nécessairement justifiées.
	Il est important d'être à la situation. Il existe un risque modéré que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.	Il faut évaluer la tendance à converger vers la pérennité ou à s'en éloigner. Il faut consacrer plus d'attention à la promotion locale de l'adoption de pratiques de gestion bénéfiques afin de mieux tenir compte des limites des ressources biophysiques et de réduire ce risque.
	Une élevée se justifie. Dans la situation actuelle, il existe un risque important que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.	Il est probablement justifié de procéder à une évaluation locale plus approfondie. Des efforts additionnels et des mesures ciblées sont probablement nécessaires à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques.
5. Risque très élevé	Une attention immédiate est probablement requise. Dans les conditions actuelles, il existe un très fort risque que la santé agroenvironnementale soit considérablement dégradée.	Une évaluation locale plus poussée est nécessaire. Des mesures concrètes ciblées sont probablement nécessaires à l'échelle locale pour mieux harmoniser les pratiques de gestion aux limites des ressources biophysiques. Il pourrait être nécessaire d'envisager d'autres modes d'utilisation des terres afin de réduire ce risque.

Remarque : Un schéma semblable peut être appliqué aux indicateurs qui ne sont pas des indicateurs de risque, moyennant de légères variations dans la description des catégories, leur signification et leurs implications.

La tendance temporelle révélée par un indicateur est aussi importante que la condition ou l'état actuel de cet indicateur. Les tendances temporelles sont généralement présentées dans des tableaux qui montrent les résultats pour le Canada et chacune des provinces pour chaque année où l'indicateur a été calculé. Les cartes sont incluses dans chaque chapitre pour montrer les régions dont la catégorie d'indicateur a changé (généralement entre 1981 et 2006).

Un indice de performance agroenvironnementale a été mis au point pour illustrer l'état et les tendances temporelles de la performance environnementale. L'indice présente les résultats pour chaque indicateur et il peut aussi agréger de multiples indicateurs par thème environnemental (p. ex. qualité de l'eau). Le calcul de cet indice sans unité se fonde sur le pourcentage de terres agricoles qui tombent dans chacune des cinq catégories pour chaque indicateur. L'échelle de l'indice varie entre 0 (toutes les terres agricoles dans la catégorie d'indicateur la moins souhaitable) et 100 (toutes les terres dans la catégorie d'indicateur la plus souhaitable) (tableau 2-2). L'indice est présenté sous forme graphique au début de chaque chapitre portant sur un *indicateur agroenvironnemental* et il sert à discuter des tendances globales dans le sommaire.

Les IAE communiquent des informations sommaires sur d'importants enjeux d'un point de vue biophysique, mais ils ne servent pas seulement à illustrer l'état actuel et les tendances. Un indicateur donné peut signaler un changement évident du risque, mais la complexité des interactions de l'agriculture avec l'environnement signifie que les tendances positives dans un indicateur peuvent entraîner des tendances négatives dans un autre. Les indicateurs ne doivent donc pas être interprétés isolément. Il y a aussi des questions sectorielles plus vastes à

Indice de performance agroenvironnementale

Échelle	Souhaitable 81–100	L'échelle de cet indice sans unité s'étend de 0 à 100. Plus la valeur est élevée, plus il y a de terres agricoles dans les catégories de risque plus faible pour les indicateurs inclus dans chaque indice. Une valeur hypothétique de 100 signifierait que toutes les terres agricoles se classent dans la catégorie de risque très faible (ou qu'elles sont considérées comme durables sur le plan de l'environnement). Une valeur hypothétique de 0 signifierait que toutes les terres agricoles se classent dans la catégorie de risque très élevé.
	Indésirable 0–20	
Objectif	81+, Stable ou en voie d'amélioration	Cet objectif correspond au résultat visé à long terme. Il n'est pas censé s'appliquer à court terme.

prendre en compte, comme les coûts et avantages socioéconomiques et environnementaux globaux associés à l'adoption d'autres pratiques d'utilisation ou de gestion des terres. AAC conçoit non seulement des IAE mais aussi des outils et approches permettant de lier ces indicateurs à des modèles économiques et stratégiques, afin d'orienter l'évaluation et l'élaboration des politiques et programmes. L'emploi des indicateurs dans l'élaboration des politiques fait l'objet d'une discussion plus poussée au chapitre 22.

Les scientifiques qui mettent au point des IAE évaluent la performance environnementale d'un système complexe dont on ne comprend pas tous les aspects et ils doivent travailler dans

les limites des données disponibles. L'approche employée pour développer les IAE du présent rapport est donc soumise aux limites générales définies ci-après. (Les limites particulières applicables à chacun des indicateurs sont décrites dans le chapitre correspondant.)

LACUNES DES CONNAISSANCES

La mise au point d'un indicateur dépend de notre compréhension des mécanismes des écosystèmes visés. Pour certains indicateurs, le travail de quantification est en cours depuis un bout de temps et d'importants progrès ont été réalisés tandis que, pour d'autres, les choses sont moins avancées. Dans certains cas, les liens entre les enjeux clés ne sont pas bien compris, ce qui peut affecter l'interprétation des résultats de l'indicateur. Dans l'idéal, les cinq catégories utilisées pour présenter les résultats auraient des seuils de référence à fondement scientifique tels que des normes de qualité environnementale. Les données de ce genre sont toutefois difficiles à obtenir. Pour la plupart des indicateurs, les catégories se fondent sur les connaissances des experts.

MISE À L'ÉCHELLE

Dans cette publication, les indicateurs sont généralement calculés à l'aide de modèles qui ont été développés et éprouvés sur le terrain, ce qui donne une bonne base théorique d'évaluation. Les résultats deviennent toutefois moins fiables lorsque les modèles éprouvés sur le terrain sont appliqués à de plus grandes échelles. Pour cette raison, les évaluations nationales comme celles faisant l'objet de cette publication se limitent au risque potentiel ou relatif et ne visent pas à déterminer les effets physiques réels de l'agriculture sur l'environnement dans des endroits précis.

LIMITES LIÉES AUX DONNÉES

Toutes les données mesurées utilisées dans le calcul des indicateurs sont entachées d'une incertitude intrinsèque. De plus, les données requises pourraient ne pas être disponibles pour toutes les années de recensement ou pour tout le pays. Cette situation peut se produire parce qu'un paramètre donné n'a pas été mesuré de façon uniforme (p. ex. c'est seulement depuis 1991 que le Recensement de l'agriculture mesure les terres cultivées selon les méthodes de conservation et sans travail du sol), ou parce que les données ont été supprimées pour protéger la confidentialité des producteurs (p. ex. lorsqu'il existe seulement quelques exemples d'une activité agricole particulière dans une région donnée). Le regroupement des résultats par province ou par *écozone* peut entraîner une perte considérable de données et fausser les résultats. On utilise d'autres approches pour surmonter ces limites et estimer les valeurs manquantes, qui sont alors utilisées dans les calculs.

Il faut souvent réaffecter les données qui n'ont pas été recueillies selon le même cadre spatial que les indicateurs. Un excellent exemple de cette approche est la réaffectation des données du Recensement de l'agriculture de Statistique Canada, qui sont établies en fonction des frontières politiques et qu'il n'est pas facile de relier aux données biophysiques telles que celles des Pédo-paysages du Canada. Une méthode fondée sur la proportion de la superficie des polygones des PPC par rapport à la superficie couverte par le Recensement a été conçue pour calculer et réaffecter les données du Recensement aux polygones des PPC (AAC, 2004). Cependant, lorsque l'agriculture est pratiquée seulement sur une petite proportion de la superficie des polygones des PPC (figure 2-1), des erreurs inconnues peuvent s'introduire.

Des données représentatives sur les sols et les paysages dans les polygones des PPC sont des éléments clés pour de nombreux indicateurs. Cependant, les données concernant des propriétés des sols ou des caractéristiques du paysage se fondent souvent sur des renseignements limités ou historiques, ce qui accroît l'incertitude.

FIABILITÉ

Bien que des efforts aient été faits pour valider les résultats des indicateurs (p. ex. voir l'encadré du chapitre 12.1), il existe souvent très peu de données expérimentales indépendantes qui permettraient de calibrer ou valider les résultats des modèles d'indicateur. Dans ce rapport, nous n'avons pas pu utiliser des méthodes statistiques pour déterminer l'incertitude réelle associée aux résultats des indicateurs. Des travaux sont prévus afin d'améliorer cet aspect de l'analyse des indicateurs.

Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2004. *Recensement de l'agriculture : Pédo-paysages du Canada (PPC), v.3 et Sous-sous-bassins versants de la Division des relevés hydrologiques du Canada, v.5.* Réaffectation. Données de recherche non publiées. Ottawa (Ont.), Canada.

Ressources naturelles Canada, 2003. *Données fondamentales sur les aires de drainage du Canada : Données-cadres à l'échelle nationale sur l'hydrologie au Canada, version 5.0.* Ottawa (Ont.), Canada.

Groupe de travail sur les Pédo-paysages du Canada, 2007. Pédo-paysages du Canada v3.1.1 Agriculture et Agroalimentaire Canada. (Carte numérique et base de données à l'échelle de 1/1 million). http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/slc/v3.1.1/intro.html

Statistique Canada, 2002. *Enquête sur la gestion agroenvironnementale.* Récupéré le 14 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=fr&db=imdb&adm=8&dis=2

Statistique Canada, 2007. *Enquête sur la gestion agroenvironnementale.* http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=fr&db=IMDB&dbg=f&adm=8&dis=2

Statistique Canada, 2003. *L'entreposage des fumiers au Canada.* Récupéré le 14 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/pub/21-021-m/2003001/4054574-fra.htm

Statistique Canada, 2007. *Enquête annuelle sur les manufactures et l'exploitation forestière.* Récupéré le 14 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/pub/21-021-m/2003001/4054574-fra.htm

Statistique Canada, 2008. *Utilisation industrielle de l'eau, 2005.* Récupéré le 14 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/pub/16-401-x/16-401-x2008001-fra.htm

03 Facteurs influents

ADAPTÉ PAR
J. Jansen et H. Morand

Sommaire

Les facteurs influant sur l'agriculture sont en constante évolution. La mondialisation, les innovations technologiques, l'affaiblissement des marges bénéficiaires et la nécessité de suivre le rythme de la demande nationale et mondiale en produits agricoles sont autant de facteurs qui incitent l'agriculture canadienne à augmenter sa production et sa productivité. Pour y parvenir, le secteur a dû procéder à des changements structuraux au cours du dernier siècle et certains de ces changements ont des répercussions environnementales. Les préférences sociales des Canadiens ayant connu une évolution parallèle, des préoccupations concernant les coûts environnementaux de la production alimentaire ont commencé à se faire jour. Les Canadiens appuient d'ailleurs une gamme croissante d'ententes et de règlements nationaux et internationaux destinés à protéger l'environnement.

Le secteur agricole a répondu à ces facteurs en cherchant des façons de tenir compte des enjeux environnementaux dans la prise des décisions et l'élaboration des politiques. Il a adopté de nouvelles technologies et lancé des initiatives volontaires afin d'améliorer les résultats environnementaux, et certaines provinces ont édicté des règlements. Le présent chapitre examine quelques-uns des facteurs qui semblent avoir influé sur la performance environnementale du secteur agricole, telle que mesurée par les indicateurs agroenvironnementaux présentés dans ce rapport.

Introduction

L'agriculture est inextricablement liée aux tendances mondiales générales dans les domaines politique, économique et social. La mondialisation, les accords commerciaux, les fluctuations de la demande nationale et mondiale, la structure évolutive du marché et les innovations technologiques sont autant de facteurs influant sur les décisions des producteurs agricoles. Ces derniers en tiennent compte et choisissent des stratégies de production qui leur permettront d'atteindre plus efficacement les résultats escomptés. Les producteurs influent également sur les risques et avantages environnementaux de la production agricole, qui peuvent varier de façon importante selon les méthodes de production choisies et les écosystèmes locaux où elles s'appliquent.

Au cours du dernier siècle, les facteurs influant sur l'agriculture ont évolué, devenant plus complexes et changeant encore plus rapidement au cours des dernières années. De nouveaux enjeux sont apparus dans le cadre de l'approche environnementale élargie que le secteur agricole a adoptée pour tenir compte des effets de ses activités sur l'écosystème dans son ensemble. Les facteurs influents continueront d'évoluer et les risques pour l'environnement associés à l'expansion de la production continueront de soulever des préoccupations. Il faudra élaborer des politiques, développer des technologies et prendre d'autres mesures pour tenir compte de ces facteurs de façon à atteindre les objectifs économiques, environnementaux et sociaux.

Demande du marché

L'augmentation de la population mondiale, des revenus disponibles et de l'espérance de vie a stimulé la demande alimentaire mondiale. La hausse des revenus, dans les pays développés comme dans les pays en développement, a amené les consommateurs à modifier leurs préférences et à diversifier leurs régimes alimentaires, auxquels se sont ajoutés des produits du bétail à valeur ajoutée, des fruits et légumes frais, ainsi que des céréales plus traditionnelles. On note également une plus forte demande de l'industrie pour les produits agricoles non alimentaires (p. ex., biocarburants, *bioplastiques*, matériaux de construction, *nutraceutiques*). La mondialisation des marchés et la libéralisation du commerce ont accompagné l'accroissement de la demande mondiale en aliments et autres produits agricoles.

Le Canada, de par son vaste territoire, sa faible population, ses grandes réserves d'eau et son industrie concurrentielle, a pu saisir l'occasion (figure 3-1). Inversement, les conditions climatiques et les forces du marché peuvent avoir des conséquences néfastes sur la production et le commerce agricoles et agroalimentaires. Par exemple, la sécheresse, la fermeture des frontières en raison de maladies animales (comme *l'encéphalopathie spongiforme bovine*) et l'appréciation du dollar canadien (gain de 30 p. 100 par rapport au dollar américain) ont toutes eu une incidence sur le commerce entre 2002 et 2006 (Banque du Canada, 2006).

La nécessité pour le Canada d'accroître sa compétitivité et sa productivité dans l'économie mondiale a engendré des initiatives de recherche, des changements dans les politiques gouvernementales, notamment des programmes de soutien au revenu, et des efforts de commercialisation. Le secteur agricole du Canada cherche à s'adapter aux signaux du marché, ce qui a donné lieu à des changements structuraux qui pourraient avoir des répercussions environnementales positives ou négatives

FIGURE 3-1 **Part du Canada dans le commerce mondial des produits agricoles et agroalimentaires, 1990-2006.**

sur la qualité de l'air, du sol et de l'eau et sur la biodiversité, y compris :

- élaboration continue et adoption de méthodes de production visant à accroître la compétitivité (systèmes de gestion améliorés tels que le *travail de conservation du sol* et l'agriculture de précision);
- changements dans la gamme de produits, comme une augmentation importante dans la production de lentilles, de pois, de canola et de soja;
- expansion des exploitations agricoles, spécialisation et intensification de la production pour réaliser des économies d'échelle (p. ex., augmentation de 36 p. 100 du nombre de porcs entre 1996 et 2006 et diminution correspondante de 45 p. 100 du nombre d'exploitations agricoles déclarant élever des porcs);
- changements dans les pratiques d'utilisation et de gestion des terres (p. ex., utilisation accrue d'intrants tels que les engrais azotés pour accroître la production).

Préférences sociales

Les préférences et les attentes de la population peuvent avoir une influence importante sur le secteur agricole et agroalimentaire, comme en témoigne sa réaction face aux exigences croissantes des consommateurs pour un approvisionnement alimentaire salubre et fiable. Les consommateurs canadiens et étrangers sont de plus en plus conscients de la valeur économique et écologique des ressources naturelles ainsi que des risques environnementaux de la production agricole. Les Canadiens appuient également le développement rural, l'emploi en milieu rural et la contribution de l'agriculture au revenu et au commerce du pays.

Les choix des consommateurs influent également sur les pratiques de production agricoles qui agissent sur l'environnement. Par exemple, le marché croissant des aliments biologiques (cultures produites sans engrais chimiques ou pesticides synthétiques et non dérivées du génie génétique) pourrait, dans certains secteurs, mener à la réduction du risque de contamination de l'eau par les produits chimiques et les pesticides, mais il pourrait aussi accroître le risque de contamination de l'eau par les *pathogènes* étant donné l'utilisation accrue d'engrais et de fumier organiques.

Les changements dans les attentes publiques reliées à l'environnement et aux aliments ont des ramifications directes pour le secteur agricole. Les Canadiens sont généralement en faveur des initiatives de préservation et protection de l'environnement, et les gouvernements ont répondu à leurs préoccupations en adoptant certaines stratégies qui ont influencé la production agricole et la transformation des aliments. Parmi ces stratégies, notons l'appui à la recherche et à l'innovation technologiques qui se répercutent sur la production et les extrants agricoles, la mise en place de politiques et de programmes volontaires pour promouvoir une agriculture écologiquement durable et la promulgation de règlements pour protéger l'environnement.

Le public tend à reconnaître de plus en plus les avantages environnementaux que les écosystèmes agricoles peuvent procurer (p. ex. habitat faunique, paysages attrayants, recyclage des effluents et des déchets solides, réduction des émissions de GES par les *puits de carbone* et innovations telles que les *digesteurs anaérobies*, qui capturent les gaz biologiques pour produire de l'énergie). Les producteurs pourraient être en mesure de bénéficier de cette sensibilisation par le biais de programmes publics ou d'instruments axés sur le marché comme la certification environnementale, les paiements de compensation au titre des GES et la vente aux enchères d'*écoservices*.

Politique gouvernementale

Les politiques gouvernementales fonctionnent aux niveaux local, régional, provincial, national et international et ont une grande influence sur l'utilisation des ressources agricoles. Depuis le début du XX[e] siècle, le principal objectif de la politique

agricole canadienne est d'augmenter la production et de promouvoir la stabilité du revenu dans un secteur qui doit composer avec des conditions météorologiques variables, des prix volatils et une forte concurrence internationale. Au cours des dernières décennies, le gouvernement a réorienté ses priorités vers le financement de la recherche agricole, la capitalisation à long terme pour financer la croissance et l'adoption de technologies, les programmes de stabilisation du revenu, l'élimination des restrictions commerciales et la gestion des approvisionnements (produits laitiers et volaille).

L'appui du gouvernement a atteint un sommet au cours des années 1970 et 1980 lorsque le montant total des subventions directes et indirectes (estimation du soutien aux producteurs ou ESP) a atteint environ 30 p. 100 de la valeur de la production. Lorsqu'ils se sont aperçus que cet appui ne faisait que contrecarrer les mesures similaires d'autres nations, la plupart des pays développés ont accepté, sous l'égide de l'Organisation mondiale du commerce et en vertu de l'Accord sur l'agriculture (ratifié en 1995), de réduire les mesures faussant les échanges. Le Canada a été un important promoteur de la réduction des subventions agricoles qui faussent les échanges, car les producteurs canadiens sont considérés comme hautement concurrentiels pour la plupart des produits. De 2001 à 2006, l'ESP au Canada est demeurée à un niveau beaucoup plus bas qu'au cours des décennies précédentes, soit à environ 25 p. 100. Diverses réformes en sont responsables, dont l'élimination des subventions au transport des grains et le découplage des programmes de protection du revenu agricole d'avec la production de produits spécifiques (pour que les producteurs puissent réagir aux signaux dominants du marché). L'ESP pour le Canada est maintenant comparable à la moyenne pour les pays membres de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).

Les politiques gouvernementales ne visent pas toutes à accroître la production. Bien que les producteurs soient depuis longtemps des gardiens et protecteurs des ressources terrestres et aquatiques du Canada, les préoccupations croissantes selon lesquelles une production agricole accrue provoquerait des dommages à l'environnement ont poussé les gouvernements à se concentrer davantage sur l'amélioration du rendement environnemental des exploitations agricoles canadiennes et la mise en valeur des avantages conséquents. En même temps, les pressions mondiales liées à des enjeux environnementaux tels que les changements climatiques, l'appauvrissement de la couche d'ozone, les polluants organiques, l'habitat faunique et la diversité biologique ont entraîné diverses initiatives

TABLEAU 3-1 **Exemples d'initiatives environnementales internationales**

Initiative internationale	Répercussions sur l'agriculture
Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (y compris le *Protocole de Kyoto* sur les émissions de gaz à effet de serre et l'accord post-Kyoto)	L'accord post-Kyoto, qui est en voie de négociation, définira probablement la nature et l'étendue des mesures d'*atténuation* et d'adaptation requises pour réduire les émissions de GES d'origine agricole.
Alliance mondiale de recherche sur les gaz à effet de serre en agriculture	L'Alliance est un réseau mondial pour coordonner et intensifier la recherche sur l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre en agriculture. Elle facilitera l'adoption de nouvelles pratiques qui aideront les agriculteurs à améliorer leur efficacité, à réduire leurs coûts de production et à participer à l'échange de droits d'émission de carbone.
Convention sur la diversité biologique (y compris le Protocole de Cartagena sur la prévention des risques biotechnologiques) des Nations Unies	Élaboration d'une stratégie canadienne sur la biodiversité pour promouvoir la conservation des cultures et la biodiversité du bétail, des habitats et des espèces.
Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone	Élimination de l'utilisation du bromure de méthyle (*fumigant* agricole) d'ici 2005.
Accord nord-américain de coopération dans le domaine de l'environnement (ANACDE)	L'ANACDE interdit notamment l'exportation des pesticides ou substances toxiques dont l'utilisation est interdite par un des pays signataires. De plus, lorsqu'un pays adopte une mesure interdisant ou limitant sérieusement l'utilisation d'un pesticide ou d'une substance toxique à l'intérieur de ses frontières, il doit en aviser les autres pays, directement ou par l'intermédiaire d'un organisme international compétent.
Plan nord-américain de gestion de la sauvagine	Répercussions possibles sur l'utilisation des terres humides à l'intérieur des limites agricoles.
Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (y compris le Canada et les É.U.)	
Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'*eutrophisation* et de l'ozone troposphérique	Le Canada déclare les émissions d'ammoniac et d'oxyde nitreux, dont l'agriculture est une source importante, mais il n'a pas ratifié le protocole.
Protocoles de la CÉE-ONU sur les polluants organiques persistants (POP) et les métaux lourds	Le Canada assure la conformité en appliquant la réglementation nationale sur les substances chimiques, qui comprennent celles utilisées en agriculture.

Exemples de règlements environnementaux canadiens

Règlements fédéraux	Répercussions sur l'agriculture
***Loi canadienne sur la protection de l'environnement* (LCPE)**	La LCPE fournira le cadre réglementaire pour l'établissement d'un système d'échange de crédits d'émission de carbone, en vertu duquel l'agriculture pourrait accorder des crédits d'émission, et la fixation d'objectifs en matière d'utilisation d'*éthanol* et de consommation efficace des carburants pour véhicules, y compris le diesel.
Loi canadienne sur l'évaluation environnementale	Nécessite l'évaluation des répercussions environnementales des projets avant la mise en œuvre. Pourrait affecter l'agriculture sur les terres fédérales ou dans les cas où des fonds ou règlements fédéraux appuient ou approuvent des projets sur des terres privées.
Loi sur les pêches	Conserve et protège le poisson et son habitat et peut affecter la gestion des cours d'eau agricoles, dont les canaux d'irrigation et de drainage, en plus de contrôler la libération des substances nocives dans les cours d'eau.
Loi sur les produits antiparasitaires	Sécurise l'utilisation des pesticides en fonction de l'environnement, de la santé humaine et d'autres facteurs.
Loi sur les espèces en péril	Restrictions possibles sur l'utilisation des terres agricoles qui fournissent un habitat aux espèces en péril.
Règlements provinciaux et municipaux	
Lois et règlements provinciaux, dispositions et arrêtés municipaux	Contrôlent une vaste gamme d'activités agricoles (p. ex., distance des puits, conversion des terres agricoles, épandage du fumier, capacité d'entreposage du fumier, emplacement des grosses porcheries). Les règlements varient selon la province et la municipalité.

internationales auxquelles participent le Canada. Un grand nombre de politiques et d'initiatives adoptées à l'échelle nationale et internationale ont eu des conséquences importantes sur la production agricole canadienne et l'environnement (tableaux 3-1 et 3-2).

Les ministres fédéral, provinciaux et territoriaux de l'Agriculture ont convenu en 2008 d'adopter *Cultivons l'avenir*, un cadre stratégique pour l'agriculture pour la période 2008-2013, qui prévoyait un investissement de 1,3 milliard de dollars dans le secteur. Il s'agit d'un investissement qui dépasse de 330 millions de dollars celui de l'ancien Cadre stratégique pour l'agriculture du Canada et dont les coûts sont partagés dans une proportion de 60:40 entre le gouvernement du Canada et les gouvernements provinciaux et territoriaux. *Cultivons l'avenir* met l'accent sur le développement d'un secteur agricole rentable en visant trois objectifs stratégiques : un secteur compétitif et innovateur, un secteur qui contribue aux priorités de la société, et un secteur qui gère les risques de façon proactive. Le nouveau cadre représente la pierre angulaire des politiques agroenvironnementales du Canada et comprend des objectifs environnementaux comme la mise en œuvre volontaire des évaluations du risque environnemental à la ferme, où les risques pour l'environnement sont identifiés et les producteurs sont encouragés à adopter des pratiques de gestion bénéfiques (PGB). Les coûts des mesures incitatives sont partagés de façon à ce que les producteurs fassent un investissement substantiel.

En ce qui concerne la réglementation, les producteurs font face à certaines exigences localisées pour la protection de l'environnement — par exemple, pour le stockage des pesticides, ou la situation et la construction des réservoirs à fumier. Ils font face à des règlements de plus en plus nombreux aux niveaux provincial et municipal, dont les restrictions relatives au zonage des terres et les exigences liées aux plans de gestion des éléments nutritifs.

Agriculture et Agroalimentaire Canada effectue des recherches agricoles, finance des programmes agroenvironnementaux, donne des renseignements sur le marché, détermine les PGB pour l'environnement et en fait la promotion, réforme les politiques commerciales et respecte les engagements internationaux du Canada. Pour encourager les producteurs à respecter les normes et objectifs environnementaux, certains pays ont fait de la conformité environnementale un critère d'admissibilité aux programmes de soutien financier – pratique connue sous le nom d'observation intégrale. Le principal objectif du Canada à ce jour a consisté en des mesures volontaires et incitatives.

Progrès technologiques

Au niveau des exploitations agricoles, les développements technologiques des 200 dernières années ont beaucoup modifié la façon dont les producteurs utilisent les ressources. L'explosion technologique qui a marqué la dernière partie du XX^{e} siècle en est un excellent exemple. Les progrès technologiques remarquables incluent de nouveaux outils agricoles, des améliorations importantes en technologie de l'information et en génie génétique de même que l'arrivée de l'agriculture de précision. Entre 1991 et 2006, l'utilisation de méthodes sans travail du sol a plus que quadruplé (passant de 7 p. 100 à 46 p. 100 des terres cultivées), se traduisant par plusieurs répercussions positives sur l'environnement : amélioration de la qualité des sols, réduction de l'érosion, amélioration de la qualité de l'eau, réduction

des émissions de GES grâce à une meilleure séquestration du carbone dans le sol et à une biodiversité améliorée. Le pourcentage d'exploitants agricoles qui utilisent un ordinateur pour gérer leurs opérations a presque doublé tous les cinq ans entre 1986 et 2001 et atteint 46,4 p. 100 en 2006.

Ces développements ont réorienté l'agriculture, jadis axée sur la production physique, vers des activités qui misent davantage sur les connaissances et les habiletés. L'agriculture moderne se caractérise par une réduction de la main-d'œuvre physique en faveur de la spécialisation, la concentration et la consolidation. La spécialisation s'est répandue dans des régions entières où certaines cultures sont plus rentables et où les exploitations agricoles fournissaient auparavant une plus grande diversité de cultures aux marchés locaux. Puisque les prix des cultures spécialisées ont tendance à fluctuer, les agriculteurs se sont également adaptés en ajoutant de la valeur par la transformation, la pénétration et le développement de marchés, l'adoption de méthodes de production pour les nouvelles cultures et la vente de leurs cultures par le biais d'Internet ou d'agents commerciaux. Pour la plupart des produits, la distance des marchés n'est plus le facteur le plus important dans le choix du lieu de production. Le choix du bon environnement physique et économique est un facteur clé pour réussir sur le marché mondial concurrentiel d'aujourd'hui.

Les répercussions environnementales des progrès technologiques font l'objet d'importants débats. Certaines technologies ont eu des répercussions négatives imprévues sur l'environnement. Le bromure de méthyle, par exemple, a été un fumigant utile à l'agriculture pendant plusieurs années, mais son utilisation a fini par être éliminée en raison de ses répercussions négatives sur l'ozone stratosphérique.

Il existe de nombreuses technologies et pratiques nouvelles qui réduisent les risques environnementaux, telles que des méthodes biologiques de lutte contre les ravageurs, des systèmes améliorés de gestion du fumier, des régimes alimentaires plus efficaces pour le bétail et des systèmes de travail de conservation du sol. La *biotechnologie* et le génie génétique pourraient aider à augmenter la production agricole. La tolérance aux herbicides et la résistance aux insectes — les traits dominants des cultures génétiquement modifiées (GM) — peuvent aider à accroître la productivité des récoltes et à réduire l'utilisation d'apports externes tels que les pesticides. Cependant, d'importants débats ont eu lieu au Canada et ailleurs au sujet du bien-fondé de cette technologie. De nombreux pays s'opposent aux produits génétiquement modifiés en raison des effets inconnus sur l'environnement et la santé humaine.

Une autre technologie émergente recourt aux matières agricoles de base pour certains bioproduits, comme les biocarburants. L'augmentation du prix des *combustibles fossiles*, conjuguée à la volonté de réduire les émissions de GES, a suscité de l'intérêt pour la production nationale de biocarburants. Les recherches en cours mettent l'accent sur la prochaine génération de biocarburants issus de la cellulose. La commercialisation de la *biomasse* (p. ex. fumier) pour le chauffage et la production d'énergie ferait aussi de l'agriculture une importance source d'énergies renouvelables.

Références

Banque du Canada. (2006). Moyenne annuelle des taux de change.

http://www.bank-banque-canada.ca/pdf/nraa06.pdf

Statistiques de l'agriculture au Canada

Données sur les terres (hectares (ha))	
Superficie totale	998,5 millions ha
Superficie totale des terres	909,4 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	67.6 millions ha
Terres cultivées	58%
Terres de pasturage	31%
Terres utilisées à d'autres fins	11%
Superficie agricole moyenne	295 ha
Caractéristiques des fermes	
# total de fermes	229,000
# total de familles	176,000
# total d'exploitants	327,000
Âge moyen des exploitants	52
Prinicpaux extrants agricoles	
Bovins et veaux	6,4 milliards $
Produits laitiers	4,8 milliards $
Porcs	3,4 milliards $
Canola	2,5 milliards $
Volaille et oeufs	2,4 milliards $
Blé	2,2 milliards $
Produits floraux et de pépinière	1,9 milliard $
Végétables	1,7 milliard $
Pommes de terre	0,9 milliard $
Maïs	0,7 milliard $
Cheptel (nombre des animaux)	
Volailles	125 millions
Bovins et veaux	16 millions
Porcs et porcelets	15 millions
Vaches laitières	1 million
Revenu agricole	
Revenue monétaire net	5,3 milliards $
Revenu monétaire total	36,9 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	31,6 milliards $
Répartition de fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000$	22%
Entre 10 000 $ et 49 000 $	30%
Entre 50 000 $ et 100 000 $	14%
Plus de 100 000 $	34%

Industrie des aliments et boissons	
# total d'établissements	3,347
Petite (moins de 50 employées)	70%
Moyenne (entre 50 et 199 employeés)	20%
Grande (plus de 200 employées)	10%
Valeur totale des livraisons	77,8 milliards $
Transformation des aliments	67,7 milliards $
Produits viande	27%
Produits laitiers	19%
Légumes et fruits	9%
Mouture de cereals et de graine oléagineuses	8%
Autres aliments	37%
Boissons	10,0 milliards $
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	5,4 milliards $
Contribution au PIB	
Secteur agroalimentaire	31,3 milliards $
Sectuer agricole primaire	14,1 milliards $
Transformation des aliments	17,2 milliards $
Exportations	
Total des exportations agricoles	27,9 milliards $
Produits en vrac	26%
Produits intermédiares	24%
Produits de consummation	50%
Principaux marches d'exportation	
États-Unis	16,2 milliards $
Japon	2,4 milliards $
U-É 15	1,7 milliards $
Mexique	1,1 milliards $
Chine	0,7 milliards $
Importations	
Total des importations agricoles	22,4 milliards $
Produits en vrac	11%
Produits intermédiares	13%
Produits de consummation	75%
Principaux marches d'importation	
États-Unis	13,0 milliards $
U-É 15	3,1 milliards $
Mexique	0,9 milliards $
Brésil	0,6 milliards $
Australie	0,5 milliards $

Gestion des terres agricoles

04 Utilisation des terres agricoles
05 La gestion agroenvironnementale
06 Couverture des sols
07 L'habitat faunique

Gestion des terres agricoles

Sommaire

Le mode de gestion des terres agricoles est un des principaux déterminants de la performance agroenvironnementale. Le Recensement de l'agriculture et l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA) sont deux enquêtes clés qui fournissent des renseignements utiles pour déterminer l'évolution de l'agriculture au fil du temps ainsi que les activités et pratiques de gestion bénéfiques (PGB) adoptées afin d'atténuer les risques que l'agriculture présente pour l'environnement. Les données recueillies par ces enquêtes permettent de dresser deux résumés clés qui ne sont pas des indicateurs mais qui fournissent des renseignements pertinents sur l'agriculture et les pratiques agricoles et permettent de dégager les tendances.

■ Le chapitre intitulé Changement de l'utilisation des terres agricoles (chapitre 4) résume les changements survenus entre 1981 et 2006 dans l'utilisation des terres, les pratiques culturales et de travail du sol, et les populations d'animaux de bétail au Canada. Le sommaire se fonde sur les données du Recensement de l'agriculture, et cette information est prise en compte par les indicateurs agroenvironnementaux qui suivent les pratiques et leur effet sur l'environnement. Il s'agit là d'un élément clé dans l'évaluation de la performance agroenvironnementale.

■ Le chapitre sur la gestion agroenvironnementale au Canada (chapitre 5) résume les principales constatations tirées de l'EGA DE 2006, dont le questionnaire visait à recueillir des renseignements sur les pratiques de gestion utilisées par les producteurs en 2006. Les questions portaient notamment sur l'entreposage et l'épandage du fumier, les pratiques de pâturage, la gestion des cultures et des éléments nutritifs, l'application des pesticides, les dommages causés par la *faune*, la gestion des terres et de l'eau, la gestion des déchets et la *planification environnementale à la ferme*.

La gestion des terres agricoles influence l'environnement à bien des égards, notamment en ce qui concerne l'efficacité de l'utilisation et de la conservation des ressources, la disponibilité de l'habitat faunique et la vulnérabilité de l'agriculture aux risques posés par la faune et les espèces envahissantes. L'indicateur du degré de couverture des sols et l'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique sur les terres agricoles ont été finalisés et sont déclarés dans cette section. Trois autres indicateurs encore en préparation sont définis dans les autres chapitres.

1. L'indicateur du degré de couverture des sols (chapitre 6) spécifie le nombre de jours par année au cours desquels les sols agricoles sont couverts et protégés contre l'érosion. Une augmentation du nombre de jours de sol couvert au fil du temps correspond à une amélioration de la durabilité environnementale, car le sol est mieux protégé contre la dégradation et moins susceptible de contribuer à la contamination de l'eau et aux émissions atmosphériques.

2. L'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique sur les terres agricoles (chapitre 7) reflète les tendances à grande échelle dans la capacité du paysage agricole canadien à offrir un habitat convenable aux populations de vertébrés terrestres. Les paysages agricoles sont dynamiques, les facteurs économiques dictant les changements, tant bénéfiques que préjudiciables, dans le degré de couverture des sols. C'est la nature de ces changements qui détermine en fin de compte la capacité d'un paysage à fournir un habitat ainsi que la structure et la viabilité des populations fauniques existantes. Pour comprendre l'impact de l'agriculture sur l'environnement, il est important d'évaluer la capacité des terres agricoles à offrir un habitat faunique.

3. Les indicateurs de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation (encadré du chapitre 4), qui sont en préparation, mesureront la productivité physique et économique de l'eau d'irrigation des cultures. Ils estimeront non seulement la masse (pour des cultures choisies) mais aussi la valeur pécuniaire de l'ensemble de la production agricole irriguée par unité d'eau d'irrigation utilisée.

4. L'indicateur du risque de dommages par la faune (encadré du chapitre 7), qui est en préparation, a pour objet de préciser les régions où ce risque est plus élevé que la moyenne et suit l'évolution temporelle du risque en réponse aux changements apportés à la gestion des terres. L'indicateur tiendra compte des facteurs qui influencent les dommages causés par la faune, dont la superficie cultivée, les conditions climatiques, le type de culture, l'emplacement du champ par rapport à l'habitat préféré et les populations fauniques.

5. L'indicateur du risque posé par les espèces *étrangères envahissantes* (EEE), qui est lui aussi en préparation (encadré du chapitre 7), a pour objet d'évaluer les tendances de la répartition des populations et du nombre d'EEE dans les habitats agricoles. Il révélera ainsi les grandes contraintes ou menaces pour la santé des agro-écosystèmes et le commerce agricole posées par les EEE qui existent au Canada, les espèces établies qui pourraient devenir envahissantes et les EEE qui sont actuellement absentes du Canada mais qui présentent un risque d'invasion.

Pendant la période de 25 ans s'étendant de 1981 à 2006, l'intensité d'utilisation des terres agricoles a augmenté partout au Canada. La superficie cultivée et la proportion de terres cultivées par rapport à l'ensemble des terres agricoles ont augmenté, tandis que la superficie en jachère a diminué. Le taux d'adoption des pratiques de conservation et sans travail du sol a généralement progressé partout au Canada, ces pratiques ayant été appliquées à 72 p. 100 des terres cultivées en 2006. L'adoption de pratiques de conservation et sans travail du sol était en grande partie responsable d'une augmentation de 7 p. 100 du degré moyen de couverture des sols entre 1981 et 2006. L'intensification des cultures a toutefois exercé des pressions à la baisse sur le degré de couverture des sols. À l'échelle nationale, la capacité moyenne des terres agricoles

à offrir un habitat a reculé entre 1986 et 2006 en raison de la perte de couvertures naturelles ou semi-naturelles et de l'intensification des activités agricoles. L'étendue du déclin a été tempérée par une amélioration générale de la capacité des terres agricoles à fournir un habitat faunique. Les améliorations étaient généralement liées à des changements bénéfiques mais transitoires des grandes superficies couvertes (p. ex. variation du pourcentage de terres agricoles en jachère converties à la culture du foin) qui favorisent un nombre limité d'espèces.

Les populations animales dans les grandes catégories de bétail ont augmenté à l'échelle du Canada entre 1981 et 2006, mais on a enregistré un transfert important de l'Est (-26 p. 100) à l'Ouest (+41 p. 100). Les producteurs affichaient un taux élevé d'adoption des pratiques bénéfiques de gestion des éléments nutritifs, dont l'analyse des éléments nutritifs dans le sol, l'optimisation du moment d'épandre et d'incorporer le fumier et les engrais solides et liquides, et l'accroissement de la capacité d'entreposage du fumier. Les résultats des indicateurs de l'efficacité de l'eau d'irrigation utilisée, des dommages causés par la faune et du risque posé par les espèces étrangères envahissantes ne sont pas encore disponibles

04 Utilisation des terres agricoles

AUTEURS
T. Huffman et W. Eilers

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

L'utilisation des terres agricoles et les pratiques de gestion sont des déterminants clés de l'état de la durabilité agroenvironnementale au Canada. L'évolution de ces facteurs influence la tendance à converger vers la pérennité ou à s'en éloigner. Pour évaluer la performance environnementale de l'agriculture, il est essentiel de disposer d'informations fiables sur l'utilisation des terres agricoles et les pratiques de gestion.

Sur la période de 25 ans s'étendant de 1981 à 2006, l'intensité d'utilisation des terres agricoles a augmenté partout au Canada avec l'augmentation des terres cultivées, en superficie et en proportion des terres agricoles, et le recul de la superficie en jachère. Dans l'Est du Canada, l'expansion des terres cultivées découlait de la réduction des pâturages et des terres non exploitées tandis que, dans l'Ouest du Canada, elle était généralement attribuable à une diminution des jachères. Pour tirer parti des possibilités du marché, les producteurs ont diversifié leurs cultures en augmentant la superficie vouée à la production des oléagineux, des *légumineuses à grain* et des fourrages aux dépens de la superficie consacrée à la culture, plus courante, des céréales. L'utilisation des méthodes de conservation et sans travail du sol a généralement augmenté partout au Canada, ces deux régimes de travail du sol étant appliqués à 72 p. 100 des terres cultivées en 2006. Dans toutes les grandes catégories d'animaux d'élevage, le nombre d'animaux a augmenté à l'échelle du pays sur la période de 25 ans. La population bovine a toutefois baissé de 26 p. 100 dans l'Est du Canada et grimpé de 41 p. 100 dans l'Ouest du Canada, surtout en raison de la disparition des subventions gouvernementales au transport des céréales fourragères.

L'enjeu

La santé et la durabilité agroenvironnementales dépendent du degré d'utilisation des pratiques de gestion agricole conçues pour tenir compte de la vulnérabilité du sol, de l'eau et de l'air à la dégradation environnementale. Les pratiques visant à réduire les risques pour les ressources environnementales ont tendance à être plus durables, tandis que celles qui ne tiennent pas compte des conditions environnementales le sont moins. Par exemple, une expansion de la superficie cultivée en rangées selon des méthodes de travail classiques ou sans mesures de protection contre l'érosion indique généralement un plus grand risque d'érosion. Inversement, une augmentation des terres consacrées à la production du foin, au pâturage ou à d'autres cultures vivaces dénote un plus faible risque d'érosion. De même, les changements dans le nombre, le type et l'emplacement des troupeaux peuvent avoir d'importantes répercussions sur la santé de l'air, du sol et de l'eau. Le niveau de risque peut augmenter ou diminuer selon les pratiques de gestion employées, comme les méthodes de travail du sol et de gestion du fumier utilisées en agriculture et en élevage.

Les indicateurs agroenvironnementaux intègrent les données sur les activités agricoles aux renseignements sur les ressources environnementales pour permettre de mieux comprendre la durabilité environnementale de la production agricole. Pour définir des indicateurs agroenvironnementaux permettant de déterminer si la durabilité agroenvironnementale est en hausse ou en baisse, il importe d'examiner l'évolution des pratiques d'utilisation et de gestion des terres et les tendances connexes au fil du temps.

Renseignements importants sur l'utilisation et la gestion des terres agricoles

Ce chapitre présente certains des principaux changements survenus entre 1981 et 2006 au Canada dans l'utilisation des terres, les pratiques de culture et de labour et les populations d'animaux d'élevage, d'après les données du Recensement de l'agriculture. Les incidences environnementales possibles de ces tendances sont identifiées et examinées plus en détail dans les chapitres consacrés aux indicateurs.

UTILISATION DES TERRES

Différents types de cultures et d'utilisation des terres ont différents effets, positifs ou négatifs, sur l'environnement. Afin de présenter un aperçu des tendances à long terme dans l'utilisation des terres à l'échelle provinciale et nationale, on a utilisé cinq variables du recensement :

1. La superficie des terres agricoles;
2. La superficie cultivée (y compris le foin mais à l'exclusion des jachères et des pâturages);
3. La superficie en jachère;
4. La superficie des pâturages (naturels et améliorés);
5. La superficie des autres terres (terres agricoles avec bâtiments et enclos, terres à bois, marais, etc.).

Indicateurs de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation

AUTEURS
L. Tollefson, G. Dyck et J. Harrington

Le secteur agricole utilise environ 9 p. 100 de l'eau prélevée au Canada. Soixante-quatorze pour cent (74 p. 100) de l'eau prélevée pour l'agriculture est consommée (non retournée pour utilisation en aval), principalement pour l'irrigation. Ceci fait du secteur agricole un des plus grands consommateurs d'eau douce (Statistique Canada, 2003). La demande accrue en eau douce et les répercussions possibles d'un approvisionnement réduit par le changement climatique intensifient la nécessité d'assurer l'efficacité de l'utilisation de l'eau sur les terres agricoles.

Des efforts sont déployés en vue d'une gestion plus efficace de l'eau. Par exemple, certaines administrations ont noté une amélioration de l'efficacité des systèmes d'irrigation, car les producteurs ont abandonné les méthodes d'irrigation par submersion en faveur de systèmes à pivot central munis de buses à jets dirigés, qui sont très efficaces. Les indicateurs de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation permettront de mesurer cette performance.

Dans le cadre d'une étude pilote menée dans le centre-sud de la Saskatchewan, on a calculé les indicateurs de la première génération afin d'obtenir deux mesures de l'efficacité d'utilisation de l'eau :

1. L'efficacité technique de l'utilisation de l'eau (ETUE) évalue la masse de production agricole par unité de volume d'eau utilisée pour l'irrigation de certaines cultures.

2. L'efficacité économique de l'utilisation de l'eau (EEUE) mesure la valeur financière de la production agricole par unité de volume d'eau utilisée pour l'irrigation de toutes les cultures.

L'étude pilote examinait les variations de l'ETUE et de l'EEUE durant trois saisons de croissance, les enjeux méthodologiques tels que l'échelle appropriée pour mesurer les gains d'efficacité, ainsi que les cultures pouvant se prêter à des comparaisons au niveau régional et national.

L'étude montrait qu'il était possible de calculer et de comprendre des indicateurs ETUE et EEUE sensibles aux changements à l'échelle du district d'irrigation. Les conclusions initiales indiquent que l'ETUE peut refléter les changements apportés aux pratiques de gestion, dont le choix des cultures et des méthodes d'irrigation. L'accroissement de l'EEUE faisait suite à la sélection de cultures à fort rapport économique et à l'irrigation saisonnière de ces cultures.

La capacité de calculer ces indicateurs à l'échelle nationale est toutefois limitée par un manque de données exactes et détaillées en matière d'irrigation, dont le nombre d'acres irrigués, le rendement des cultures et les volumes d'eau. Malgré ces défis, les efforts se poursuivent pour mettre au point un indicateur national de l'efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation qui est sensible aux différences régionales et qui tient dûment compte des changements apportés au choix des cultures, à la technologie d'irrigation et aux pratiques de gestion.

PRATIQUES CULTURALES

Outre l'information sur l'utilisation des terres, il importe de connaître les types de cultures et les tendances temporelles dans les types de cultures cultivées dans une région, parce que différents systèmes culturaux ont généralement différents effets sur l'environnement. Sept variables du recensement ont été utilisées :

1. La superficie cultivée en céréales (blé, orge, avoine et céréales mélangées);

2. La superficie consacrée à la production d'oléagineux (canola, moutarde, lin, carthame et tournesol);

3. La superficie cultivée en maïs (maïs grain et maïs d'ensilage);

4. La superficie consacrée à la production de pommes de terre;

5. La superficie consacrée à la production de légumineuses (haricots, lentilles et pois);

6. La superficie consacrée à la production de fourrages (luzerne, foin cultivé et graines fourragères);

7. La superficie consacrée à d'autres cultures (betteraves à sucre et autres légumes, raisins et autres fruits).

MÉTHODES DE TRAVAIL DU SOL

Les pratiques de gestion adoptées par les producteurs doivent être prises en compte dans l'interprétation des tendances en matière d'utilisation des terres. Depuis 1991, on évalue les méthodes de travail du sol à l'aide de six variables examinées dans le cadre du Recensement de l'agriculture :

1. La superficie *des terres arables* préparées pour l'ensemencement par les méthodes classiques de travail du sol (travail permettant de retourner le sol jusqu'à une profondeur de 15 à 20 cm, d'enfouir les débris végétaux et d'exposer le sol, suivi d'un travail superficiel destiné à briser les agrégats et à aplanir et

L'utilisation de méthodes de conservation et sans travail du sol sur les terres cultivées a plus que doublé entre 1991 et 2006, car les producteurs sont davantage conscients des avantages de ces méthodes pour le sol

égaliser la surface d'ensemencement);

2. La superficie des terres préparées pour l'ensemencement par un travail de conservation du sol (travail du sol destiné à briser les agrégats et à détruire les plantes nuisibles sans retourner le sol, maintenant ainsi la plupart des *résidus de culture* en surface);

3. La superficie préparée pour l'ensemencement sans travail du sol entre la récolte et l'ensemencement (ce qui laisse tous les débris végétaux à la surface du sol);

4. La superficie en jachère où les mauvaises herbes sont contrôlées par travail du sol seulement (en général, la jachère nécessite un travail du sol à intervalles réguliers pendant la saison de croissance, ce qui a pour effet d'enterrer les résidus de culture);

5. La superficie en jachère où les mauvaises herbes sont contrôlées par un traitement combinant l'application de produits chimiques et le travail de la terre. (Le désherbage chimique et mécanique permet de réduire le travail du sol nécessaire pour éliminer les mauvaises herbes, soit par un travail du sol moins fréquent soit par un *labour ponctuel*);

6. La superficie en jachère où les mauvaises herbes sont contrôlées uniquement par application de produits chimiques (sans travail du sol).

ANIMAUX D'ÉLEVAGE

Pour évaluer la relation entre les pratiques de production agricole et l'environnement, il est essentiel de disposer de données fiables sur le nombre, l'emplacement et le type d'animaux d'élevage, ainsi que sur les changements apportés au fil du temps. L'agriculture et l'élevage sont étroitement liés entre eux, car les systèmes culturaux employés dans de nombreuses exploitations agricoles sont déterminés par les besoins alimentaires des animaux de la ferme et les exigences associées à la gestion de leur fumier – tandis qu'une production efficace locale de certains types de cultures encourage le développement de systèmes d'élevage particuliers. Cette relation entre l'agriculture et l'élevage a d'importantes répercussions sur l'évaluation et l'atténuation des émissions de gaz à effet de serre, de l'érosion du sol, de la contamination des *eaux souterraines* et de surface, de la séquestration du carbone dans le sol et des problèmes de qualité de l'air. Aux fins du présent rapport, on a utilisé le nombre d'animaux dans chacune des cinq catégories afin de repérer les changements et les tendances pertinents :

1. Les bovins;
2. Les porcs;
3. Les volailles;
4. Les chèvres et les moutons;
5. Les chevaux.

Limites

Les principales limites relatives aux valeurs dont on fait état dans le présent chapitre sont liées à la possibilité que des producteurs aient mal interprété les questions du recensement et à la modification des questions au fil du temps. Par exemple, d'après Statistique Canada (2007), la superficie déclarée des terres « non bonifiées » était inférieure à la valeur réelle dans les quatre provinces de l'Ouest en 1981. Ceci a influé sur la superficie totale des terres agricoles et de toutes les autres catégories de terres pour chacune des provinces de l'Ouest et pour l'ensemble du Canada. Une description plus complète des erreurs possibles et de la qualité des données a été donnée par Statistique Canada (2007).

Résultats et interprétations

La superficie agricole totale déclarée au Canada en 1981 est incertaine, car les données du recensement ne sont pas suffisamment détaillées. Elle est néanmoins restée relativement stable entre 1986 et 2006, à 67,8 millions et 67,6 millions d'hectares respectivement. L'agriculture s'est intensifiée, la proportion de terres cultivées passant de 47 p. 100 en 1981 à 53 p. 100 en 2006 (tableau 4-1, figure 4-1). Dans l'Ouest du Canada, cette intensification découlait surtout d'une baisse de 64 p. 100 de la superficie en jachère et, dans l'Est du Canada, la réduction du nombre de bovins permi a entraîné un déclin au niveau des pâturages. À l'échelle nationale, le pourcentage de terres à pâturage est resté assez constant, variant entre 28 p. 100 et 31 p. 100, alors que, dans toutes les autres catégories de terres, la proportion s'est accrue de 3 p. 100.

La forte baisse de la superficie en jachère (tableau 4-1) était due à l'adoption de pratiques permettant une culture continue, à une utilisation plus efficace de l'eau disponible dans le sol et à l'utilisation de méthodes nouvelles et abordables de lutte contre les mauvaises herbes. Avec la réduction de la superficie en jachère, certaines terres marginales ont été converties en couverture végétale permanente ou en pâturage mais le principal résultat concernait la superficie cultivée, qui a augmenté de 5 millions d'hectares entre 1981 et 2006 (tableau 4-2). Malgré une hausse de la superficie cultivée, la proportion de terres plantées en céréales a régressé de 21 p. 100 entre 1981 et 2006. La diversification des cultures a mené à une augmentation de la superficie cultivée en oléagineux, en légumineuses à grain et en fourrages et, dans une moindre mesure, en pommes de terre et autres cultures spéciales telles que les légumes, les petits fruits et les raisins.

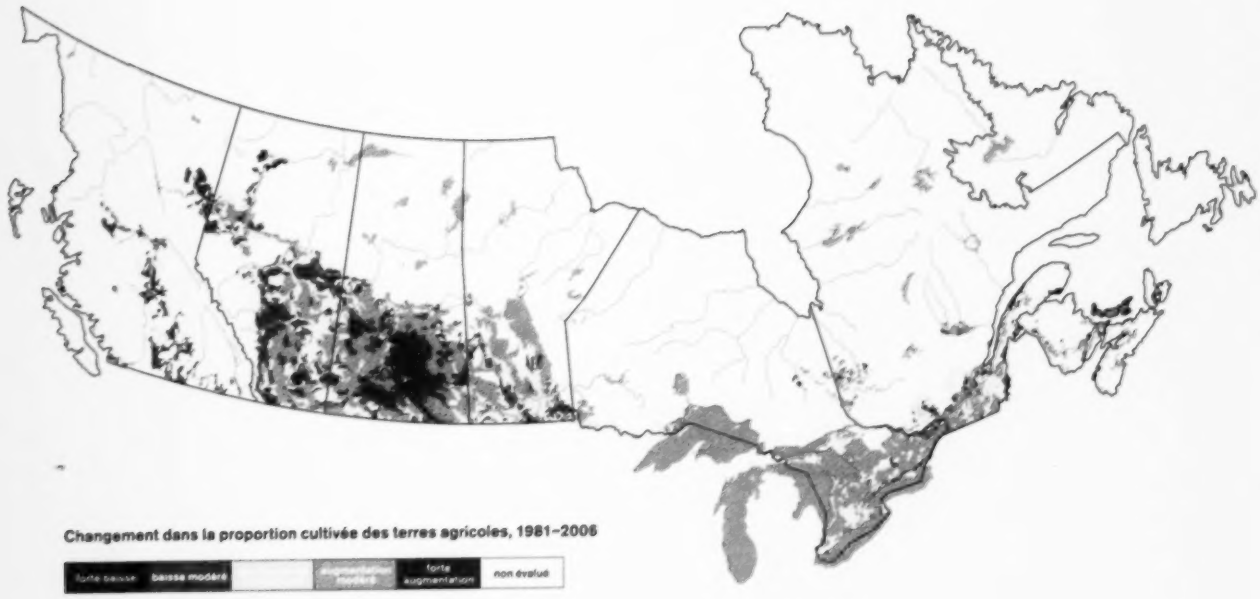


FIGURE 4-1 Changement dans la proportion cultivée des terres agricoles, 1981-2006

L'utilisation de méthodes de conservation et sans travail du sol sur les terres cultivées a plus que doublé entre 1991 et 2006 (tableau 4-3), car les producteurs sont davantage conscients des avantages de ces méthodes pour le sol, ont plus d'équipement approprié à leur disposition et s'efforcent d'économiser en réduisant l'utilisation de la machinerie agricole. De même, la proportion des terres en jachère avec travail du sol a reculé de 27 p. 100, la production avec travail réduit du sol (travail du sol et application de produits chimiques) a diminué de 7 p. 100, et la proportion sans travail du sol (application de produits chimiques seulement) a progressé de 34 p. 100, pour s'établir à 31 p. 100, 31 p. 100 et 38 p. 100 respectivement des terres en jachère.

Toutes les populations d'animaux d'élevage ont augmenté au Canada entre 1981 et 2006 (tableau 4-4). Cette augmentation a été de 17 p. 100 pour les bovins, de 52 p. 100 pour les porcs, de 33 p. 100 pour la volaille, de 46 p. 100 pour les moutons et les chèvres, et de 27 p. 100 pour les chevaux. Le secteur de l'élevage bovin s'est déplacé vers l'ouest, le nombre de bêtes ayant augmenté de 41 p. 100 dans l'Ouest du Canada mais diminué dans toutes les provinces à l'est du Manitoba, sauf Terre-Neuve-et-Labrador. Toutes les provinces sauf la Colombie-Britannique, la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve-et-Labrador affichaient une hausse de la population porcine, tandis que le nombre de volailles a progressé dans toutes les provinces.

Les changements dans l'utilisation des terres, les pratiques culturales, les régimes de travail du sol et les populations d'animaux d'élevage illustrent l'intensification importante de l'agriculture canadienne depuis 1981. Le pourcentage des terres consacrées à l'agriculture par rapport à celui des terres forestières, improductives ou à pâturage est utilisé comme mesure de changement. Un pourcentage à la hausse signifie qu'une plus grande proportion des terres est consacrée aux cultures agricoles et que l'agriculture pratiquée dans la région est plus intensive, tandis qu'un pourcentage à la baisse indique qu'une plus grande superficie agricole est convertie en pâturages ou en terres improductives et correspond à une agriculture moins intensive. L'intensification de l'agriculture ne se traduit pas nécessairement par un risque accru pour l'environnement, car elle peut signaler — et signale souvent — une concentration de la production agricole dans les sols et les paysages qui s'y prêtent mieux sur le plan environnemental.

Conclusion

Les changements apportés à l'utilisation des terres, aux pratiques de culture et de travail du sol et aux populations d'animaux d'élevage à l'échelle du Canada et dans chaque province révèlent une intensification et une diversification importante des activités agricoles au cours des 25 dernières années. La diversification se manifeste par une transition des cultures plus traditionnelles telles que le blé, l'avoine, l'orge et les fourrages vers le maïs, les oléagineux et les légumineuses.

La figure 4-1 montre que les régions où les terres cultivées ont diminué en proportion de la superficie agricole (c'est-à-dire où les pâturages, les jachères, les forêts et les terres improductives forment une plus grande partie de la superficie agricole recensée) correspondent généralement aux zones de transition entre l'agriculture intensive et les aires forestières, comme les districts

FIGURE 4-1 Changement dans la proportion cultivée des terres agricoles, 1981-2006

L'utilisation de méthodes de conservation et sans travail du sol sur les terres cultivées a plus que doublé entre 1991 et 2006 (tableau 4-3), car les producteurs sont davantage conscients des avantages de ces méthodes pour le sol, ont plus d'équipement approprié à leur disposition et s'efforcent d'économiser en réduisant l'utilisation de la machinerie agricole. De même, la proportion des terres en jachère avec travail du sol a reculé de 27 p. 100, la production avec travail réduit du sol (travail du sol et application de produits chimiques) a diminué de 7 p. 100, et la proportion sans travail du sol (application de produits chimiques seulement) a progressé de 34 p. 100, pour s'établir à 31 p. 100, 31 p. 100 et 38 p. 100 respectivement des terres en jachère.

Toutes les populations d'animaux d'élevage ont augmenté au Canada entre 1981 et 2006 (tableau 4-4). Cette augmentation a été de 17 p. 100 pour les bovins, de 52 p. 100 pour les porcs, de 33 p. 100 pour la volaille, de 46 p. 100 pour les moutons et les chèvres, et de 27 p. 100 pour les chevaux. Le secteur de l'élevage bovin s'est déplacé vers l'ouest, le nombre de bêtes ayant augmenté de 41 p. 100 dans l'Ouest du Canada mais diminué dans toutes les provinces à l'est du Manitoba, sauf Terre-Neuve-et-Labrador. Toutes les provinces sauf la Colombie-Britannique, la Nouvelle-Écosse et Terre-Neuve-et-Labrador affichaient une hausse de la population porcine, tandis que le nombre de volailles a progressé dans toutes les provinces.

Les changements dans l'utilisation des terres, les pratiques culturales, les régimes de travail du sol et les populations d'animaux d'élevage illustrent l'intensification importante de l'agriculture canadienne depuis 1981. Le pourcentage des terres consacrées à l'agriculture par rapport à celui des terres forestières, improductives ou à pâturage est utilisé comme mesure de changement. Un pourcentage à la hausse signifie qu'une plus grande proportion des terres est consacrée aux cultures agricoles et que l'agriculture pratiquée dans la région est plus intensive, tandis qu'un pourcentage à la baisse indique qu'une plus grande superficie agricole est convertie en pâturages ou en terres improductives et correspond à une agriculture moins intensive. L'intensification de l'agriculture ne se traduit pas nécessairement par un risque accru pour l'environnement, car elle peut signaler — et signale souvent — une concentration de la production agricole dans les sols et les paysages qui s'y prêtent mieux sur le plan environnemental.

Conclusion

Les changements apportés à l'utilisation des terres, aux pratiques de culture et de travail du sol et aux populations d'animaux d'élevage à l'échelle du Canada et dans chaque province révèlent une intensification et une diversification importante des activités agricoles au cours des 25 dernières années. La diversification se manifeste par une transition des cultures plus traditionnelles telles que le blé, l'avoine, l'orge et les fourrages vers le maïs, les oléagineux et les légumineuses.

La figure 4-1 montre que les régions où les terres cultivées ont diminué en proportion de la superficie agricole (c'est-à-dire où les pâturages, les jachères, les forêts et les terres improductives forment une plus grande partie de la superficie agricole recensée) correspondent généralement aux zones de transition entre l'agriculture intensive et les aires forestières, comme les districts

TABLEAU 4-1 Utilisation des terres agricoles, 1981 à 2006

	Superficie agricole (ha)		Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories d'utilisation (« – » signifie moins de 1%)																							
			Terres cultivées						Jachères						Pâturages						Autres terres					
	1981	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	2 178 596	2 835 458	26	24	23	23	24	21	3	3	2	2	1	1	59	51	53	56	56	62	12	22	21	20	19	17
AB	19 108 513	21 095 393	44	44	45	45	46	46	12	10	9	7	6	4	40	38	40	41	42	43	4	7	6	7	6	7
SK	25 947 086	26 002 606	45	50	50	54	59	58	26	21	21	17	12	9	27	24	24	24	25	27	2	5	5	5	5	6
MB	7 615 926	7 718 570	58	58	62	61	62	61	8	7	4	4	3	2	29	26	27	26	26	27	5	9	7	9	9	11
ON	6 039 237	5 386 453	60	61	63	63	67	68	1	1	1	–	–	–	24	19	19	18	15	14	15	19	17	18	17	18
QC	3 779 169	3 462 936	46	48	48	51	54	56	1	1	–	–	–	–	21	17	19	15	11	9	31	34	33	34	35	35
NB	437 888	395 228	30	32	33	36	39	39	1	1	–	–	–	–	20	14	16	13	12	11	49	53	52	51	49	50
NS	466 023	403 044	24	26	27	29	32	31	1	1	–	–	–	–	20	16	17	14	14	14	55	56	56	56	55	55
PE	283 024	250 859	56	57	60	64	67	68	1	1	–	–	–	–	18	14	14	10	9	9	25	28	27	25	23	22
NL	33 454	36 195	14	13	13	17	21	26	1	1	–	–	–	–	64	34	39	21	24	35	21	52	47	62	55	39
CANADA	**65 888 916**	**67 586 741**	**47**	**49**	**49**	**51**	**54**	**53**	**15**	**13**	**12**	**9**	**7**	**5**	**31**	**28**	**30**	**29**	**30**	**31**	**7**	**10**	**9**	**10**	**9**	**10**

TABLEAU 4-2 Pratiques culturales, 1981 à 2006

	Superficie agricole (ha)		Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories d'utilisation (« – » signifie moins de 1%)																																	
			Céréales						Oléagineux						Maïs						Pommes de terre						Légumineuses						Fourrages						Autres cultures					
	1981	2006	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06
BC	568 241	589 803	30	22	22	22	17	15	4	8	7	5	4	4	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	–	–	–	1	1	–	58	62	63	64	70	71	5	5	5	7	6	6
AB	8 441 242	9 622 121	71	65	65	63	57	52	8	13	14	14	11	18	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	1	3	3	20	21	20	21	27	26	–	–	–	–	–	–
SK	11 740 864	14 960 355	85	80	78	71	58	52	6	11	12	15	17	21	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	1	2	4	14	11	8	7	7	8	10	14	–	1	1	2	–	1
MB	4 420 369	4 701 355	67	64	62	60	52	45	15	17	18	19	21	25	2	1	1	1	1	2	–	–	–	1	1	1	1	2	3	2	4	6	13	14	15	16	20	21	1	3	1	1	1	1
ON	3 632 727	3 667 333	24	25	19	18	15	20	–	–	1	1	–	–	31	27	26	25	26	21	–	–	–	–	–	–	10	13	19	23	25	26	30	30	31	29	28	28	5	5	4	4	6	4
QC	1 756 038	1 941 166	20	20	20	16	17	16	–	–	–	–	–	–	14	17	20	21	26	24	1	1	1	1	1	1	–	–	2	6	8	9	61	59	53	50	42	44	4	3	4	5	5	5
NB	130 526	154 209	20	21	21	22	21	17	–	–	–	–	–	–	1	1	1	1	2	3	17	15	17	16	16	16	–	–	–	–	–	1	56	56	53	50	52	54	6	7	8	10	9	9
NS	112 782	125 742	16	13	12	10	9	7	–	–	–	–	–	–	4	4	3	4	5	6	1	1	2	2	2	1	–	–	–	–	1	1	65	64	64	58	58	60	13	17	19	27	26	26
PE	158 280	171 494	46	–	41	37	36	32	–	–	–	–	–	–	2	1	1	1	1	2	16	17	20	26	25	23	–	1	2	1	2	3	33	34	33	32	33	37	3	47	2	3	3	3
NL	4 744	9 298	1	–	3	2	3	1	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	2	7	8	5	4	5	3	4	–	–	–	–	–	–	74	80	78	70	75	69	16	15	14	23	16	19
CANADA	**30 965 812**	**35 942 878**	**66**	**63**	**62**	**58**	**49**	**45**	**7**	**8**	**11**	**13**	**13**	**17**	**5**	**4**	**4**	**4**	**4**	**4**	–	–	–	–	–	–	**2**	**2**	**3**	**5**	**10**	**9**	**19**	**18**	**18**	**18**	**21**	**23**	**1**	**4**	**1**	**2**	**1**	**2**

TABLEAU 4-3 Pratiques de travail du sol et de jachère, 1991 à 2006

	Pourcentage des terres cultivées selon les différentes pratiques de travail du sol												Pourcentage des jachères soumises aux différentes pratiques											
	Classique				Conservation				Sans travail du sol				Travail du sol seulement				Travail du sol et produits chimiques				Produits chimiques seulement			
	1991	1996	2001	2006	1991	1996	2001	2006	1991	1996	2001	2006	1991	1996	2001	2006	1991	1996	2001	2006	1991	1996	2001	2006
BC	83	65	65	55	12	24	21	26	5	10	14	19	66	65	65	62	31	29	30	23	3	5	6	15
AB	73	57	37	25	24	33	35	28	3	10	27	48	58	51	39	27	37	38	38	28	5	11	24	45
SK	64	45	32	18	26	33	29	22	10	22	39	60	57	55	48	31	39	37	36	31	4	9	16	38
MB	66	63	54	43	29	28	33	35	5	9	13	21	73	61	50	46	24	34	38	40	3	6	12	13
ON	78	59	52	44	18	22	22	25	4	18	27	31	66	53	65	68	26	38	24	23	8	9	11	9
QC	85	80	77	62	12	16	19	28	3	4	5	10	48	43	56	71	28	25	18	11	24	32	26	17
NB	85	80	82	78	12	18	15	17	2	2	3	5	79	72	71	76	14	8	17	18	8	20	12	6
NS	88	77	71	66	8	20	20	20	4	3	8	14	72	62	69	78	19	26	19	17	9	13	12	4
PE	91	82	76	78	8	16	22	19	1	2	2	3	35	55	44	49	23	32	17	38	42	13	39	14
NL	84	88	76	88	8	8	13	6	8	4	11	6	49	74	62	62	38	19	7	38	13	7	30	0
CANADA	**69**	**53**	**41**	**28**	**24**	**31**	**30**	**26**	**7**	**16**	**30**	**46**	**58**	**54**	**46**	**31**	**38**	**37**	**36**	**31**	**4**	**9**	**18**	**38**

TABLEAU 4-4 Nombre d'animaux d'élevage, 1981 et 2006, Canada et provinces

	Bovins			Porcs			Volaille			Moutons et chèvres			Chevaux		
	1981	2006	changement pourcent	1981	2006	changement pourcent	1981	2006	changement pourcent	1981	2006	changement pourcent	1981	2006	changement pourcent
BC	789 841	800 855	1	254 895	135 826	-47	10 958 442	19 702 467	80	75 783	74 124	-2	39 356	53 246	35
AB	4 192 887	6 369 116	52	1 199 397	2 052 067	71	10 358 078	12 673 071	22	211 861	251 453	19	118 708	155 533	31
SK	2 418 457	3 363 235	39	574 334	1 388 886	142	4 860 929	5 058 314	4	81 369	144 152	77	60 180	65 914	10
MB	1 175 966	1 573 097	34	874 995	2 932 548	235	7 257 002	8 654 889	19	41 047	81 255	98	31 284	46 580	49
ON	2 898 494	1 982 651	-32	3 165 837	3 950 592	25	38 727 767	50 335 141	30	297 037	387 276	30	74 986	97 285	30
QC	1 665 691	1 393 434	-16	3 440 724	4 255 637	24	24 756 269	31 854 630	29	125 232	337 678	170	24 682	26 522	7
NB	110 942	89 191	-20	89 620	107 254	20	2 329 911	3 382 137	45	14 133	8 460	-40	2 972	2 973	0
NS	140 209	103 687	-26	139 344	95 131	-32	3 544 852	4 458 002	26	44 391	27 306	-38	3 297	3 705	12
PE	102 454	86 435	-16	116 843	123 192	5	234 955	451 219	92	7 967	4 130	-48	2 317	1 921	-17
NL	6 963	11 826	70	19 076	1 999	-90	936 087	1 576 936	68	7 731	4 741	-39	340	286	-16
CANADA	**906 551**	**15 773 527**	**17**	**9 875 065**	**15 043 132**	**52**	**103 964 292**	**138 146 806**	**33**	**1 320 575**	**1 320 575**	**46**	**358 122**	**453 965**	**27**

de l'intérieur et de la rivière de la Paix en Colombie-Britannique, les abords des prairies-parcs et le long du Bouclier canadien. Les secteurs où il y a peu ou pas de changement dans la proportion cultivée des terres agricoles se trouvent généralement du côté agricole des zones de transition décrites plus haut ou dans les secteurs d'agriculture intensive tels que la vallée du bas Fraser, le Sud du Manitoba, le Sud-Ouest de l'Ontario et la vallée de l'Annapolis (figure 4-1). Le fait qu'il y a eu très peu de changements dans les zones d'agriculture intensive indique que les pratiques en vigueur sont économiquement durables et qu'il existe peu d'occasions ou de raisons de convertir davantage de pâturages et de forêts en terres cultivées. La plupart des autres terres agricoles du pays ont connu une augmentation modérée à forte (figure 4-1), ce qui donne à penser que l'intensification par conversion des pâturages, des jachères, des forêts et des terres non exploitées à une agriculture active a été le principal changement dans l'utilisation des terres au cours des trois dernières décennies.

Le présent chapitre donne un aperçu de la situation et des tendances en utilisation et gestion des terres agricoles, mais sans analyser les conditions, les risques et les tendances environnementales résultantes. Il contient des renseignements clés pour l'analyse des enjeux environnementaux particuliers par le biais des indicateurs agroenvironnementaux décrits dans ce rapport.

Références

Statistique Canada. (2007). À propos du Recensement de l'agriculture. Extrait le 12 juin 2009 du site http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/about-apropos-fra.htm

05 La gestion agroenvironnementale

AUTEURS
R. MacKay et J. Hewitt

NOM DE L'ENQUÊTE
Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA)

Sommaire

La gestion agricole constitue un important volet de la performance environnementale. Les pratiques choisies par un producteur influencent l'efficience économique et ont des incidences directes sur la qualité de l'air, de l'eau et du sol. Les résultats de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA) de 2006 montraient que les producteurs de l'ensemble du Canada avaient mis en œuvre un certain nombre de pratiques de gestion bénéfiques (PGB) afin de gérer le fumier, les engrais et les pesticides et de protéger les ressources foncières et hydriques. Ils indiquent un taux élevé d'adoption des pratiques de gestion des éléments nutritifs telles que l'analyse des éléments nutritifs dans le sol, l'optimisation du moment de l'épandage et de l'incorporation du fumier et des engrais solides et liquides, ainsi que l'augmentation de la capacité d'entreposage du fumier. Les résultats de l'enquête de 2006 montraient que le pourcentage de producteurs qui avaient eu recours à un opérateur antiparasitaire agréé n'avait pas changé depuis 2001. Ils indiquaient aussi qu'on pouvait améliorer les pratiques d'entreposage du fumier solide et du fumier liquide, le degré d'accès des animaux en pâturage aux eaux de surface et le moment de l'application des pesticides.

L'enjeu

Les pratiques de gestion choisies par les producteurs à l'échelle du Canada ont une influence directe sur la performance environnementale du secteur agricole. Le choix des pratiques de gestion est guidé par plusieurs facteurs, dont la rentabilité et les pratiques antérieures.

Il existe de nombreuses PGB qui peuvent aider les producteurs à maintenir ou à améliorer leur productivité tout en atténuant ou en réduisant les risques pour l'environnement. Dans bien des cas, les PGB procurent même des avantages environnementaux, dont la filtration de l'eau et la protection de l'habitat faunique.

Le présent chapitre examine les principales PGB adoptées par les agriculteurs canadiens afin de gérer les risques pour l'environnement liés à la qualité de l'eau, de l'air et du sol. Il présente certaines des PGB utilisées pour gérer les apports agricoles tels que les éléments nutritifs et les pesticides, sans pour autant donner une liste exhaustive des pratiques qui peuvent aider à améliorer la performance environnementale du secteur.

L'enquête

Statistique Canada, en partenariat avec Agriculture et Agroalimentaire Canada, a mené la deuxième EGA afin de recueillir des renseignements sur les pratiques de gestion adoptées par les producteurs en 2006. Un exemplaire du questionnaire utilisé dans le cadre de cette enquête à participation volontaire a été livré à 20 000 agriculteurs et éleveurs de tout le Canada (sauf le Yukon, le Nunavut et les Territoires du Nord-Ouest) qui déclaraient un revenu brut de plus de 10 000 $ dans le Recensement de l'agriculture 2006. Les questions portaient sur l'entreposage et l'épandage du fumier, les pratiques de pâturage, la gestion des cultures et des éléments nutritifs, l'application de pesticides, les dommages à la faune, la gestion des terres et des eaux, la gestion des déchets et la planification environnementale à la ferme. Le questionnaire a été bien accueilli : environ 80 p. 100 des producteurs y ont répondu. S'appuyant sur le succès de la première EGA, menée en 2001, l'EGA de 2006 fournit des données sur les taux d'adoption de certaines PGB aux fins de l'analyse des tendances sur cette période de cinq ans. L'information présentée dans ce chapitre résume les principales conclusions tirées de l'EGA de 2006. Les résultats détaillés de l'EGA de 2006 sont disponibles auprès de Statistique Canada.

Limites

Les pratiques de gestion agricole et leurs répercussions potentielles sur l'environnement varient selon les régions, car la production agricole, les caractéristiques du sol et du paysage, les conditions météorologiques et d'autres facteurs ne sont pas uniformes à travers le pays. Cela signifie qu'une pratique de gestion qui pourrait poser un risque pour l'environnement dans une région donnée pourrait s'avérer efficace et acceptable dans une autre région. Ces différences biophysiques n'ont pas été prises en compte dans les résultats présentés dans ce chapitre, lesquels doivent donc être interprétés avec circonspection. Le présent chapitre donne une vue d'ensemble des types de pratiques et des taux d'adoption qui pourraient aider à améliorer la performance environnementale à l'échelle du Canada. Les résultats sont toutefois insuffisants en soi pour évaluer la performance environnementale. Les indicateurs agroenvironnementaux figurant dans ce rapport présentent une évaluation plus complète de la performance environnementale du secteur.

Gestion agroenvironnementale

La première chose à faire pour améliorer la performance environnementale, c'est de prendre conscience des enjeux agroenvironnementaux et de la façon de les gérer. Le processus de

planification environnementale à la ferme est en passe de devenir une source clé d'information et d'éducation pour les producteurs canadiens. Il leur permet de se renseigner sur les enjeux agroenvironnementaux, de mettre ces connaissances en pratique afin d'identifier les risques potentiels pour l'environnement et d'élaborer un plan d'action visant à atténuer ces risques. Mettre en œuvre des PGB afin d'optimiser la performance agroenvironnementale est une des façons les plus efficaces d'améliorer la durabilité de l'agriculture. Les résultats de l'EGA de 2006 montraient que 28 p. 100 des agriculteurs canadiens avaient une planification environnementale à la ferme (PA) officiel et qu'une autre tranche de 10 p. 100 était en train d'en préparer un.

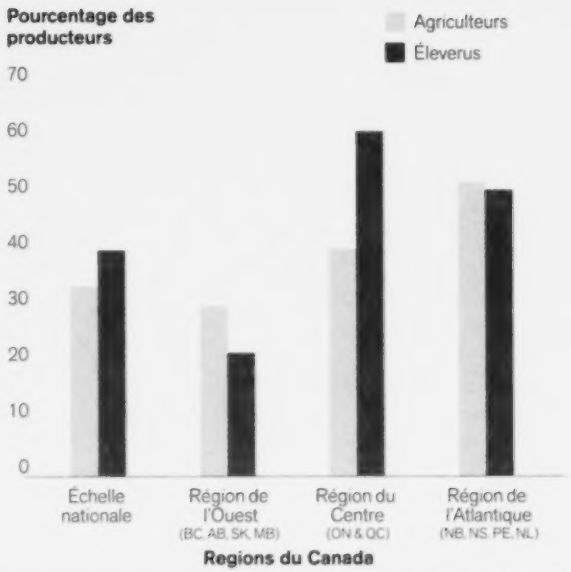
Les éleveurs et les producteurs de cultures annuelles participent activement à des programmes de planification environnementale à la ferme (figure 5-1). La proportion d'éleveurs qui participent à un programme de planification environnementale à la ferme est beaucoup plus élevée en Ontario et au Québec, probablement en raison des lois provinciales qui régissent la gestion des éléments nutritifs et du fumier. En 2006, le taux de participation aux programmes de planification environnementale à la ferme était plus élevé dans l'Est et le Centre du Canada, car ce programme est relativement nouveau dans l'Ouest.

Les sections qui suivent donnent des détails sur les pratiques mises en œuvre dans les fermes canadiennes en 2006 pour gérer les éléments nutritifs, les pesticides et les ressources foncières et hydriques. La relation entre lesPEFet les PGB est présentée dans un encadré des points saillants de chaque section.

Gestion des éléments nutritifs

L'azote (N), le *phosphore (P)* et le potassium (K) sont des éléments nutritifs essentiels à la croissance saine des plantes. Les sols sains contiennent ces éléments nutritifs, mais pas toujours en quantités suffisantes pour répondre aux besoins des cultures, de sorte qu'il est souvent nécessaire d'ajouter du fumier ou des engrais afin de maximiser la productivité et les revenus. Le fait d'enrichir le contenu en éléments nutritifs des sols peut toutefois poser des risques pour l'environnement. Une application excessive de fumier et d'engrais ou une absorption réduite d'éléments nutritifs due à la sécheresse ou aux dommages causés aux récoltes peuvent laisser dans le sol des éléments nutritifs excédentaires qui risquent de se perdre dans l'environnement. L'azote excédentaire peut se volatiliser dans l'atmosphère, contribuant aux émissions de gaz à effet de serre et à la piètre qualité de l'air, tandis que l'eau peut transporter l'azote et le phosphore présents dans le sol jusqu'à des eaux souterraines, des ruisseaux ou des plans d'eau de surface, ce qui pourrait contribuer à la *prolifération d'algues* ou d'autres plantes et à l'eutrophisation. Bien que les pertes d'éléments nutritifs soient inévitables, certaines PGB peuvent aider à gérer les éléments nutritifs et à réduire les risques de perte dans l'environnement.

L'analyse des éléments nutritifs dans le sol fournit des renseignements utiles qui peuvent aider les producteurs à répondre



Source : Agriculture et Agroalimentaire Canada, données tirées de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale 2006 de Statistique Canada

FIGURE 5-1 Participation à des programmes de planification agroenvironnementale par type d'exploitation agricole (pourcentage des producteurs)

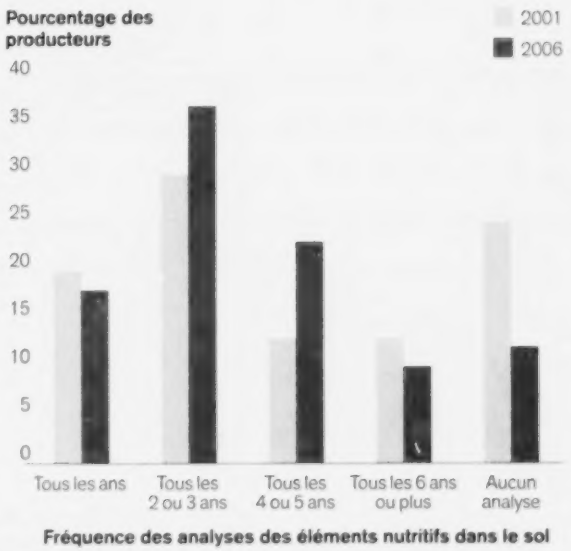


FIGURE 5-2 Fréquence des analyses des éléments nutritifs dans le sol (pourcentage des producteurs en 2001 et 2006)

aux besoins nutritifs des cultures en tenant compte des éléments nutritifs présents dans le sol et de ceux ajoutés par le fumier et les engrais commerciaux. Ceci peut aider à maximiser la productivité et à faire l'utilisation la plus efficace possible des ressources tout en réduisant les risques de pertes pour l'environnement. Plus les analyses de sols sont fréquentes, plus le producteur peut être sûr d'appliquer la quantité optimale d'éléments nutritifs pour la croissance des récoltes. La figure 5-2 montre que le nombre d'agriculteurs procédant à des analyses annuelles des sols a légèrement diminué entre 2001 et 2006 et qu'il correspond à environ le quart de la superficie canadienne totale. Le nombre d'agriculteurs qui analysent leurs sols tous les deux ou trois ans est plus élevé qu'en 2001 et correspond à environ 36 p. 100 de la superficie totale. Le nombre d'agriculteurs qui n'analysent jamais leurs sols a baissé de presque la moitié depuis 2001 et représente seulement 10 p. 100 des terres agricoles, ce qui révèle une amélioration en gestion des éléments nutritifs dans les exploitations agricoles canadiennes.

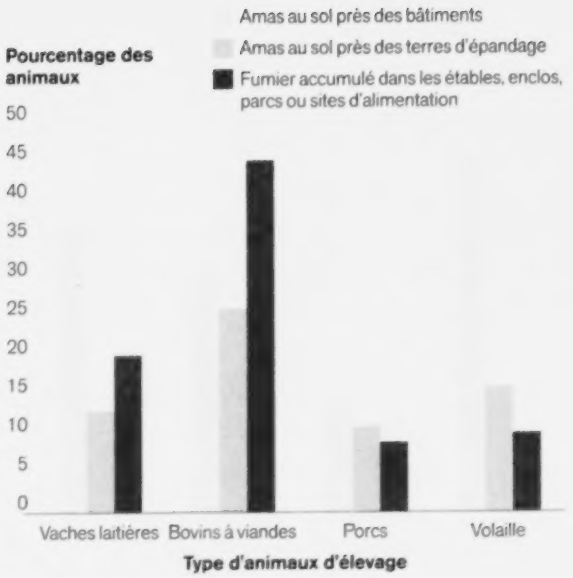


FIGURE 5-3 Entreposage du fumier solide par type d'animaux d'élevage (pourcentage des animaux)

FUMIER

L'entreposage et l'épandage du fumier figurent parmi les plus importants défis environnementaux des éleveurs. L'épandage du fumier est une source d'éléments nutritifs pour les cultures et une façon d'utiliser ce dérivé inévitable de l'élevage. Des pratiques sous-optimales d'entreposage et d'épandage du fumier peuvent toutefois aggraver les risques pour l'environnement.

Le fumier peut être solide, liquide ou semi-solide, selon le type d'animaux d'élevage. En général, les éleveurs de bœuf et de volaille entreposent du fumier solide, tandis que les éleveurs de porcs et de vaches laitières entreposent du fumier liquide ou semi-solide. Les différents types de fumier nécessitent différentes méthodes d'entreposage et chacun présente ses propres défis. Un des principaux objectifs pour l'entreposage du fumier est de conserver le plus possible d'éléments nutritifs pour épandage sur les cultures. Durant l'entreposage, les éléments nutritifs peuvent se perdre par *volatilisation* dans l'atmosphère, par ruissellement ou par lessivage dans le sol. La meilleure façon d'entreposer le fumier solide est sur une dalle imperméable couverte dotée d'un dispositif de rétention des écoulements. La meilleure façon d'entreposer le fumier liquide ou semi-solide est dans un réservoir couvert.

L'EGA de 2006 identifiait trois lieux d'entreposage fréquents pour le fumier solide (figure 5-3), plus d'un lieu pouvant être utilisé dans une ferme donnée. Le fumier peut être entassé près des bâtiments d'élevage ou des terres d'épandage, ou encore accumulé dans des étables, des enclos ou des parcs d'alimentation. Le risque environnemental associé à l'entreposage du fumier solide dépend davantage de la méthode que du lieu d'entreposage. Pour réduire les pertes d'éléments nutritifs et les besoins en transport, il faut utiliser des systèmes d'entreposage couverts, des bases imperméables et/ou des dispositifs de rétention des écoulements.

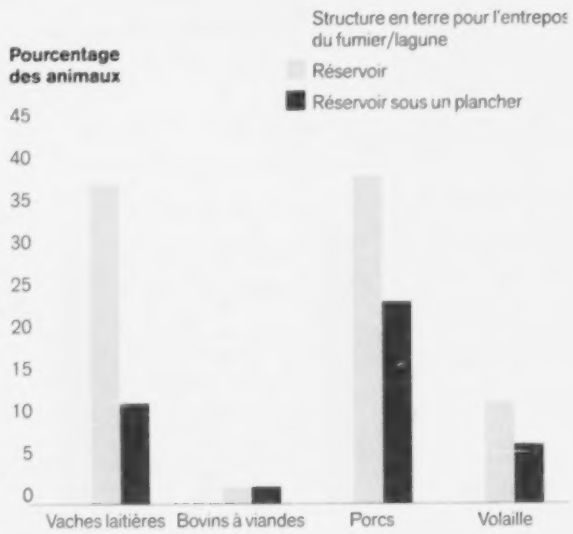


FIGURE 5-4 Entreposage du fumier liquide ou semi-solide par type d'animaux d'élevage (pourcentage des animaux)

En 2006, des dalles imperméables étaient utilisées par 39 p. 100 des producteurs qui entassaient le fumier près des bâtiments d'élevage, mais par seulement 14 p. 100 de ceux qui l'entassaient près des terres d'épandage et 28 p. 100 de ceux qui l'accumulaient dans des parcs d'alimentation. Il y aurait donc matière à amélioration.

Le fumier liquide ou semi-solide est souvent entreposé dans une lagune artificielle ou un réservoir à ciel ouvert ou sous un plancher à lattes. Chacun de ces systèmes d'entreposage comporte des limites avec lesquelles il faut composer pour se montrer respectueux de l'environnement. Les lagunes artificielles offrent une grande capacité d'entreposage mais elles doivent

Points saillants – Planification environnementale à la ferme :

- Les producteurs qui ont une planification environnementale à la ferme (PA) sont statistiquement plus susceptibles d'avoir des dispositifs de rétention des écoulements et des dalles imperméables pour l'entreposage du fumier solide (figure 5-5).
- Les résultats de l'EGA de 2006 montrent que l'existence d'une PA n'a aucun impact sur l'entreposage du fumier liquide ou semi-solide et l'utilisation des couvercles.

FIGURE 5-5 Types d'entreposage du fumier solide

TABLEAU 5-1 Cinq principaux facteurs de décision dans la détermination de la quantité de fumier solide à épandre

Facteur de décision	Pourcentage de la superficie cultivée sur laquelle du fumier a été épandu	Pourcentage des agriculteurs qui épandent du fumier solide
Quantité utilisée dans le passé	29	31
Superficie pouvant recevoir du fumier	35	30
Besoins en éléments nutritifs des cultures	32	27
Analyse des éléments nutritifs dans le sol	36	24
Distance entre le lieu d'entreposage du fumier et le lieu d'épandage	28	23

TABLEAU 5-2 Cinq principaux facteurs de décision dans la détermination de la quantité de fumier liquide à épandre

Facteur de décision	Pourcentage de la superficie cultivée sur laquelle du fumier a été épandu	Pourcentage des agriculteurs qui épandent du fumier liquide
Analyse des éléments nutritifs dans le sol	63	48
Besoins en éléments nutritifs des cultures	53	45
Superficie pouvant recevoir du fumier	32	32
Contenu en éléments nutritifs du fumier	38	31
Quantité utilisée dans le passé	29	31

être aménagées de façon à prévenir les fuites et sont difficiles à couvrir. Les réservoirs sont plus faciles à couvrir mais leur construction coûte cher et leur capacité d'entreposage est généralement plus limitée. Dans le cas des réservoirs d'entreposage situés sous le plancher, il peut être nécessaire d'assurer une plus grande ventilation pour empêcher les gaz générés par le fumier de pénétrer dans l'étable. La figure 5-4 illustre la fréquence d'utilisation de différents types d'entreposage par différents types d'éleveurs.

Les résultats de l'EGA indiquaient que 22 p. 100 des réservoirs de fumier liquide et semi-solide étaient couverts. Sur ce nombre, 18 p. 100 sont couverts par un couvercle, 4 p. 100 par une bâche, 3 p. 100 par une croûte en surface et 3 p. 100 par de la paille. Dans 72 p. 100 des cas, les couvercles déclarés étaient « autres » et probablement composés d'un matériau permanent tel que le béton ou le bois. Le faible pourcentage (22 p. 100) d'utilisation des couvercles pour l'entreposage du fumier liquide et semi-liquide indique qu'il y a matière à amélioration.

Le taux, la méthode et le moment d'épandage et d'incorporation du fumier peuvent influencer la quantité totale d'éléments nutritifs qui se perdent par ruissellement ou par volatilisation. Il y a plusieurs facteurs que les producteurs doivent prendre en considération afin de déterminer la quantité de fumier à épandre sur leurs cultures. Les principaux facteurs sont énumérés aux tableaux 5-1 et 5-2 ci-après. Dans l'idéal, la quantité de fumier à épandre est déterminée par les niveaux d'éléments nutritifs présents dans le sol et dans le fumier et les besoins en éléments nutritifs des cultures.

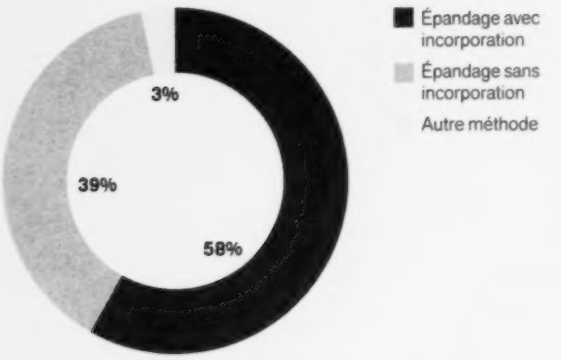


FIGURE 5-6 Méthode d'épandage du fumier solide au Canada en 2006 (pourcentage des producteurs)

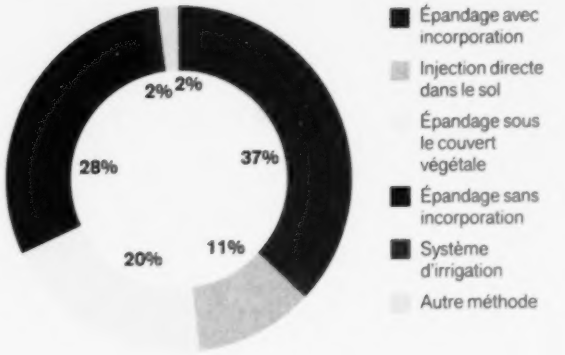


FIGURE 5-7 Méthode d'épandage du fumier liquide ou semi-solide au Canada en 2006 (pourcentage des producteurs)

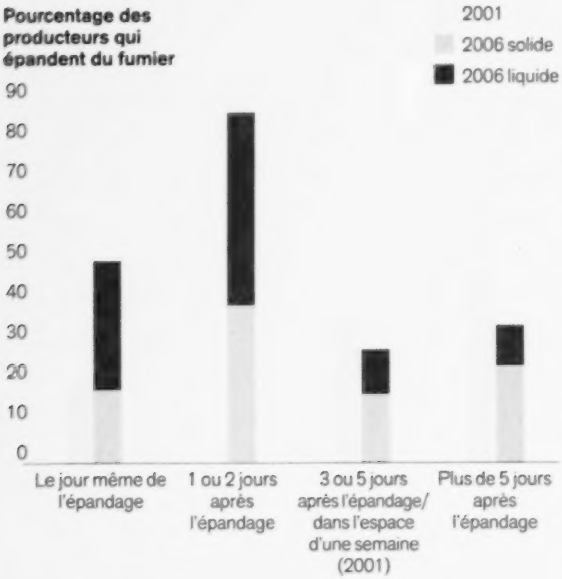


FIGURE 5-8 Temps écoulé entre l'épandage du fumier et son incorporation, 2001 et 2006

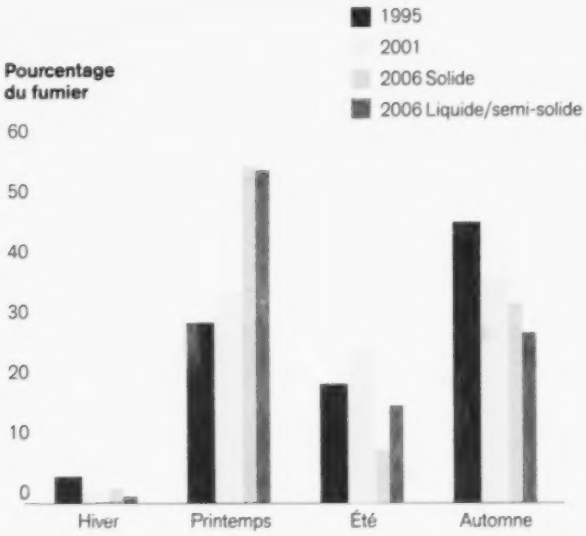


FIGURE 5-9 Tendances depuis 1995 dans la proportion de fumier épandu à différentes périodes de l'année

L'analyse des éléments nutritifs dans le sol est un des facteurs de décision les plus fréquemment cités par les producteurs dans l'épandage du fumier solide et du fumier liquide, ce qui indique que les producteurs jouent un rôle actif dans la gestion de leurs apports d'éléments nutritifs. Cependant, les producteurs qui épandent du fumier solide font moins d'analyses que ceux qui préfèrent épandre du fumier liquide ou semi-solide. Par ailleurs, bien qu'il arrive souvent aux producteurs de mesurer le contenu en éléments nutritifs du fumier solide, il ne s'agit pas d'une considération courante. Ceci donne à penser qu'il y a des progrès à faire dans la détermination de la quantité de fumier à épandre.

La méthode d'épandage influence également le risque de pertes d'éléments nutritifs dans l'environnement. La pratique la plus bénéfique pour l'épandage du fumier solide consiste à l'étendre et à l'incorporer immédiatement dans le sol; dans le cas du fumier liquide ou semi-solide, la pratique la plus bénéfique est d'appliquer le fumier par injection directe dans le sol, au moyen d'une barre d'aspersion de faible hauteur (sous le couvert des cultures) ou à la volée, et de l'incorporer immédiatement dans le sol. Ces pratiques de gestion réduisent le risque de ruissellement de surface et de pertes d'éléments nutritifs dans l'atmosphère, réduisent les odeurs et favorisent l'absorption des éléments nutritifs en les rapprochant le plus possible des cultures. La pratique la moins bénéfique pour le fumier solide est de simplement l'étendre à la surface du sol, laissant ainsi le fumier vulnérable aux pertes d'éléments nutritifs. Dans le cas du fumier liquide ou semi-solide, les pratiques les moins bénéfiques consistent à utiliser un système d'irrigation pour l'épandage (p. ex. canon chauffant) ou de laisser le fumier à la surface du sol, ce qui expose les éléments nutritifs à l'air, entraîne

Points saillants – Planification environnementale à la ferme :

Les producteurs qui ont une planification environnementale à la ferme (PEF) sont plus susceptibles :

- de tenir compte des facteurs analyse des sols, analyse du fumier et besoins nutritifs des cultures dans la détermination des taux d'épandage (tableau 5-3);
- d'incorporer le fumier solide après l'épandage (65 p. 100 c. 55 p. 100).

Il n'y avait pas de différence dans les méthodes d'épandage du fumier liquide ou semi-solide adoptées par les producteurs qui ont un PA et par ceux qui n'en ont pas.

TABLEAU 5-3 Facteurs pris en compte dans la détermination des taux d'épandage du fumier sur les terres agricoles du Canada en 2006

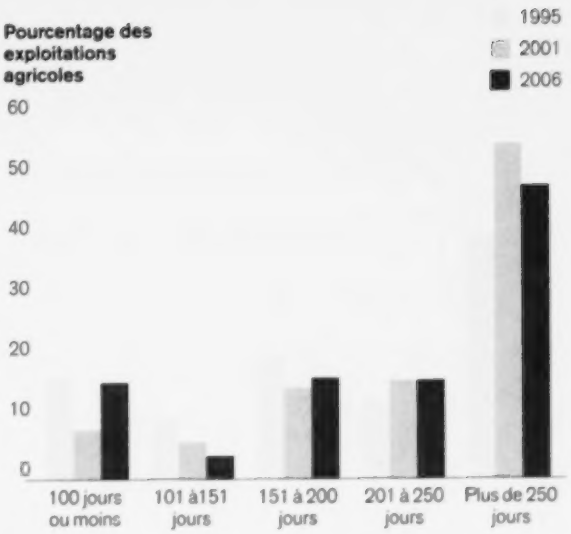
Facteurs pris en compte dans la détermination des taux d'épandage	Fumier solide		Fumier liquide ou semi-solide	
	Avec PA	Sans PA	Avec PA	Sans PA
	Pourcentage des agriculteurs qui épandent du fumier			
Analyse des sols	44	14	59	30
Analyse du fumier	25	9	49	36
Analyse des sols et du fumier	19	3	30	11
Au moins un des facteurs suivants : i) Analyse des sols ii) Éléments nutritifs résiduels dans le sol iii) Besoins en éléments nutritifs des cultures iv) Analyse du fumier	63	34	75	56

Source : agroenvironnementale de 2006 de Statistique Canada

d'importantes pertes d'éléments nutritifs, dégage des odeurs et accroît le potentiel de ruissellement.

En 2006, 58 p. 100 des exploitations agricoles observaient la pratique optimale consistant à incorporer le fumier solide après l'épandage (figure 5-6). Cependant, près de 40 p. 100 des producteurs de fumier solide ne l'incorporaient pas dans le sol. Près de la moitié des producteurs qui épandaient du fumier liquide l'incorporaient ou l'injectaient dans le sol, et une autre tranche de 20 p. 100 l'appliquait sous le couvert des cultures (figure 5-7). Il reste que près du tiers (30 p. 100) des producteurs de fumier liquide ne procédaient ni à l'incorporation ni à l'irrigation. Ces résultats indiquent qu'il y a matière à amélioration dans l'adoption des PGB pour l'application du fumier solide et du fumier liquide.

Le temps écoulé entre l'épandage du fumier et son incorporation est lui aussi très important. Plus il s'écoule de temps entre



*Les résultats de 2006 englobent le fumier liquide et semi-solide, tandis que ceux de 1995 et 2001 s'appliquent uniquement au fumier liquide.

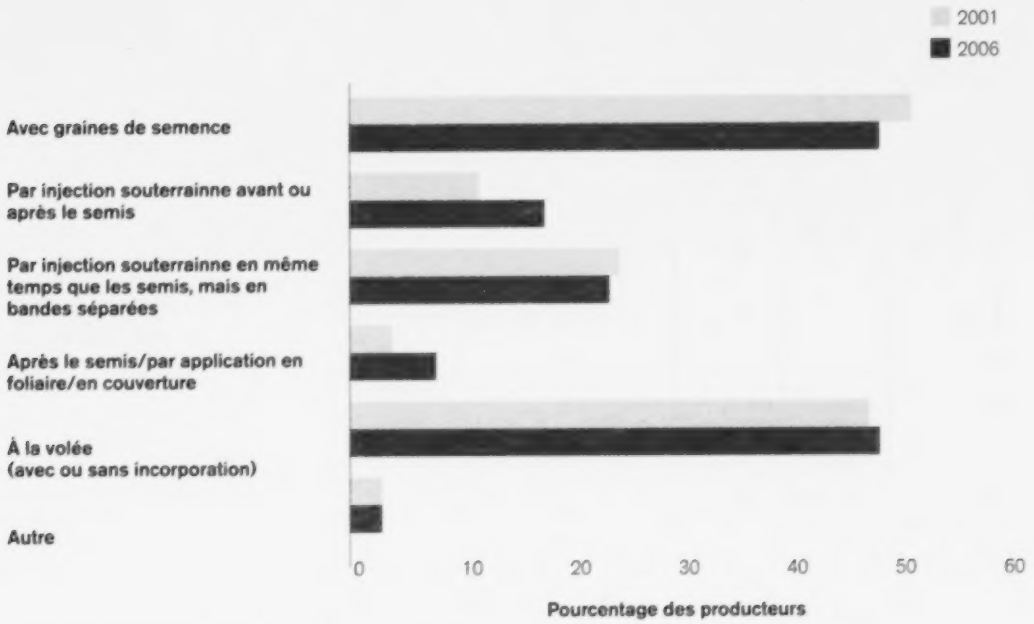
FIGURE 5-10 Tendances dans la capacité d'entreposage du fumier liquide depuis 1995

les deux étapes, plus grand est le risque de pertes d'éléments nutritifs par volatilisation ou par ruissellement des précipitations. L'incorporation du fumier aidant aussi à réduire les odeurs, le mieux est de l'incorporer immédiatement ou la même journée. Le temps écoulé entre l'épandage du fumier et son incorporation a diminué depuis 2001 ; les producteurs aident ainsi à améliorer la rétention des éléments nutritifs et à réduire les risques pour l'environnement (figure 5-8).

Le moment de l'année ou l'étape de croissance des cultures où le fumier est épandu sur le sol influence les pertes d'éléments nutritifs et finit par affecter la performance environnementale, car la capacité des cultures à absorber les éléments nutritifs varie tout au long de la saison de croissance. Dans l'idéal, le producteur ajoute les éléments nutritifs au sol au moment où les cultures en ont le plus besoin et où leur capacité d'absorption est à son haut niveau — c'est-à-dire juste avant la croissance. L'épandage du fumier sur un sol gelé est une pratique peu souhaitable aujourd'hui interdite par plusieurs provinces. L'épandage hivernal résulte souvent du fait que la production de fumier dépasse la capacité d'entreposage. Cette pratique posant un très grand risque de nuisances olfactives et de ruissellement et peut causer la contamination de l'eau, il faut faire tous les efforts possibles pour l'éviter.

Depuis 1995, le pourcentage de fumier épandu en automne a baissé tandis que le pourcentage épandu au printemps a augmenté, ce qui est une tendance positive. L'épandage hivernal du fumier solide, quoique peu fréquent, est resté relativement stable depuis 1995, ce qui indique qu'il y a encore matière à amélioration (figure 5-9).

La capacité d'entreposage augmentant afin de répondre à la demande croissante de fumier, il en va de même pour la souplesse avec laquelle le producteur peut épandre le fumier au



Note : Le total peut être supérieur à 100 p. 100, car les producteurs étaient invités à cocher toutes les options applicables.

FIGURE 5-11 Méthodes d'épandage des engrais dans les exploitations agricoles canadiennes en 2001 et 2006 (pourcentage des producteurs)

TABLEAU 5-4 Cinq principaux facteurs de décision dans la détermination de la quantité d'engrais à appliquer

Facteur de décision	Pourcentage de la superficie cultivée traitée aux engrais	Pourcentage des agriculteurs qui épandent des engrais
Analyse des éléments nutritifs dans le sol	66	58
Quantité utilisée dans le passé	61	52
Coût des engrais/prix des cultures	50	37
Besoins en éléments nutritifs des cultures	39	31
Conseils du consultant ou de l'agent	38	39

moment optimal. Il est donc souhaitable d'augmenter la capacité d'entreposage pour tenir compte de la production accrue de fumier. La capacité d'entreposage du fumier liquide est à la hausse depuis 1995 (figure 5-10).

ENGRAIS

Les engrais minéraux constituent la principale source d'éléments nutritifs des fermes canadiennes. En 2006, 72 p. 100 des producteurs appliquaient des engrais minéraux sur 91 p. 100 de la superficie cultivée au Canada. Ce pourcentage est légèrement inférieur à celui de 2001 (75 p. 100). Les engrais représentant un investissement considérable pour les producteurs, ceux-ci doivent en faire l'utilisation la plus efficace possible afin de maximiser le rendement du capital investi. Une bonne gestion des éléments nutritifs assure un épandage efficace des engrais permettant de produire des cultures de haute qualité et d'optimiser les rendements sans pertes d'éléments nutritifs dans l'environnement. Comme ceux provenant du fumier, les éléments nutritifs excédentaires issus des engrais peuvent s'échapper des terres agricoles par lessivage, par ruissellement ou par volatilisation, risquant ainsi de contribuer à la contamination des eaux souterraines et de surface (voir les chapitres 12.1, 12.2 et 13 sur l'ARS, l'IRCE-N et l'IRCE-P) ainsi qu'aux émissions d'ammoniac (un précurseur des *particules en suspension* dans l'air) (voir le chapitre 17 sur l'ammoniac) et d'oxyde nitreux (un gaz à effet de serre) (voir le chapitre 16 sur les GES).

La méthode d'épandage des engrais influence le risque de pertes d'éléments nutritifs. Les résultats de l'EGA de 2006 montraient peu de changements entre 2001 et 2006 (figure 5-11). L'application sous la surface avec les semences (p. ex. appliquer des engrais granulaires à l'aide de semoirs pneumatiques) ou l'application en bandes d'*engrais liquides* au moment de l'ensemencement aire à réduire le risque de ruissellement et de volatilisation ainsi que le nombre de passages de l'équipement dans les champs. Ces pratiques aident aussi à réduire les émissions de GES (on utilise moins de carburant) et permettent aux producteurs de faire un emploi plus efficace de leur temps. En outre, les épandages supplémentaires post-semis – habituellement des engrais liquides destinés aux cultures plus exigeantes en éléments nutritifs et plus rentables – ont connu une légère hausse entre 2001 et 2006. Il s'agit d'un développement positif, car les agriculteurs ont de plus en plus tendance à ajouter les éléments nutritifs aux cultures en période de croissance rapide. La plupart des producteurs qui ont répondu au sondage de 2006 disaient incorporer les engrais épandus à la volée.

Points saillants – Planification environnementale à la ferme :

Les producteurs qui ont une planification environnementale à la ferme (PA) sont statistiquement plus susceptibles :

- d'utiliser l'analyse des sols pour déterminer le taux d'épandage des engrais (tableau 5-5);
- d'utiliser l'analyse des sols, les besoins en éléments nutritifs des cultures ou les éléments nutritifs résiduels pour déterminer les taux de fertilisation.

TABLEAU 5-5 Facteurs utilisés pour déterminer les taux d'application des engrais sur les terres agricoles du Canada en 2006

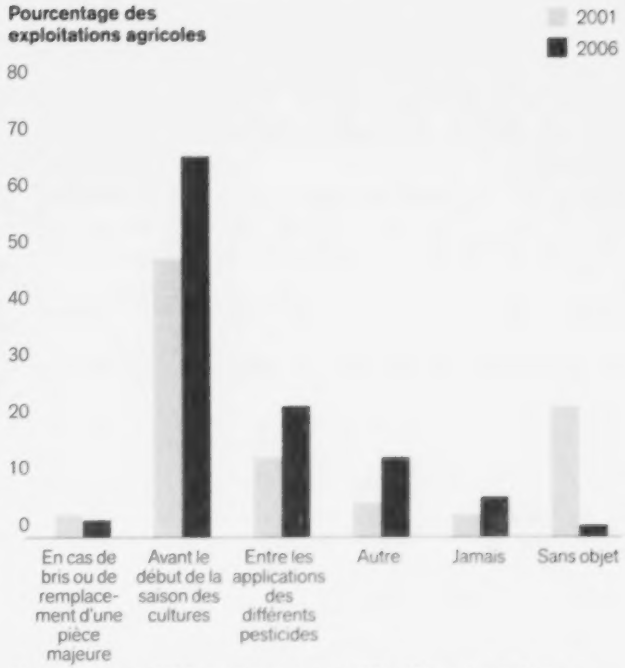
Facteurs pris en compte pour déterminer les taux d'application	Engrais commerciaux	
	PA	Sans PA
	Pourcentage des producteurs	
Analyse des sols	61	32
Au moins un des facteurs suivants : i) Analyse des sols ii) Éléments nutritifs résiduels dans le sol iii) Besoins en éléments nutritifs des cultures	68	42

Source: gestion agroenvironnementale de 2006 de Statistique Canada

La plupart des producteurs utilisent plus d'une méthode d'épandage des engrais pour différentes raisons. Par exemple, la méthode préférée pour la plupart des terres cultivées pourrait être l'application avec les semences, mais les engrais peuvent aussi être appliqués à la volée sur certaines terres trop humides pour supporter de l'équipement lourd au moment de l'ensemencement.

Les producteurs prennent beaucoup d'autres facteurs en compte dans la détermination de la quantité d'engrais à appliquer. L'analyse des éléments nutritifs dans le sol est le facteur de décision le plus fréquent à la fois pour le pourcentage des producteurs et pour le pourcentage de la superficie cultivée (tableau 5-4).

En règle générale, les agriculteurs qui épandent du fumier ont besoin de moins d'engrais que les autres, car le fumier peut être une importante source d'éléments nutritifs. Ceux qui ne réduisent pas la quantité d'engrais utilisée pour tenir compte du fumier épandu pourraient augmenter leur risque de pertes d'éléments nutritifs dans l'environnement et faire face à des coûts plus élevés. En 2006, 89 p. 100 des producteurs ont réduit la quantité d'engrais utilisée pour tenir compte des éléments nutritifs ajoutés au sol par le fumier. Ce pourcentage était de 43 p. 100 en 2001.



Note: Le total pour 2006 peut être supérieur à 100 p. 100, car les producteurs étaient invités à cocher toutes les options applicables.

FIGURE 5-12 Fréquence d'étalonnage des pulvérisateurs de pesticides – tendances depuis 2001

TABLEAU 5-6 Méthodes de rechange les plus fréquemment employées en 2006 pour contrôler les ravageurs et réduire l'utilisation des pesticides

Méthodes de lutte antiparasitaire	Pourcentage des producteurs
Rotation des cultures	73
Utilisation d'un système de suivi pour réduire les cas de double traitement et les oublis	67
Application d'une quantité moindre de pesticides que le taux recommandé sur l'étiquette	32
Utilisation d'instruments de travail du sol	31
Utilisation de variétés de *plantes résistantes aux ravageurs*	31

Pesticides

L'agriculture n'est qu'une utilisation des terres dans le paysage élargi et elle est donc vulnérable aux ravageurs opportunistes qui font concurrence aux cultures pour les mêmes ressources. Il y a trois principaux types de ravageurs : les insectes, les mauvaises herbes et les champignons. Pour protéger leurs investissements et empêcher les ravageurs de nuire au rendement

des cultures, les producteurs peuvent choisir d'appliquer des pesticides, qui englobent les herbicides, les insecticides et les fongicides.

Les pesticides ont évolué au cours des dernières années et sont aujourd'hui moins toxiques pour les organismes non ciblés. Ils continuent toutefois de poser des risques potentiels pour l'environnement. Appliqués dans certaines conditions, les pesticides peuvent dériver vers des zones non ciblées, être moins efficaces dans les zones ciblées et nuire à la qualité de l'air. Ils peuvent aussi contaminer les voies d'eau et le sol et affecter les organismes non ciblés, qui sont parfois bénéfiques.

Le pourcentage de producteurs qui disaient utiliser des pesticides était le même en 2006 qu'en 2001 (73 p. 100). En 2006, 74 p. 100 des agriculteurs appliquaient des herbicides sur 91 p. 100 de la superficie cultivée au Canada; 17 p. 100, des insecticides sur 21 p. 100 de la superficie cultivée; et 16 p. 100, des fongicides sur près du quart de la superficie cultivée.

Les producteurs prennent de nombreux facteurs en compte lorsqu'ils doivent décider s'il y a lieu d'appliquer des pesticides et déterminer le moment propice à leur application. Dans l'idéal, les pesticides sont utilisés seulement en cas de besoin, par exemple lorsque l'observation sur le terrain indique que le seuil de dommage économique approche. Les facteurs de décision les plus fréquemment cités dans la détermination du moment d'application en 2006 étaient l'expérience du producteur, les applications périodiques prévues et l'observation sur le terrain, qui est une pratique bénéfique. Cependant, le producteur qui se fie à son expérience passée ou qui prévoit des applications périodiques risque de surestimer ou de sous-estimer la quantité de pesticides nécessaire, car ses décisions ne sont pas liées à l'observation directe de la culture ou du ravageur. La pratique idéale consiste à appliquer les pesticides lorsque la quantité de ravageurs dépasse les niveaux acceptables, ce qui, en 2006, était le cinquième facteur de décision pour les insecticides et les fongicides et le sixième pour les herbicides – alors qu'il s'agissait du premier facteur pour les insecticides et les fongicides en 2001.

Un opérateur antiparasitaire agréé connaît les méthodes optimales d'application, le moment propice, l'équipement approprié et les risques pour l'environnement associés aux pesticides. Certaines provinces exigent que tous les pesticides soient appliqués par un opérateur agréé. En 2006, 53 p. 100 des producteurs – représentant 35 p. 100 des terres cultivées – faisaient appel à un opérateur agréé dans tous les cas. Une autre tranche de 10 p. 100 des producteurs (environ 35 p. 100 des terres cultivées) avait recours à un opérateur agréé dans certains cas. Cette proportion est à peu près la même qu'en 2001, année où 61 p. 100 des producteurs demandaient à un opérateur agréé d'appliquer la totalité ou une partie des pesticides.

Il est aussi important d'étalonner le pulvérisateur pour s'assurer que les pesticides sont appliqués aux doses prescrites. L'idéal est d'étalonner les pulvérisateurs tout au long de la saison de croissance – par exemple, avant d'appliquer différents

Points saillants – Planification environnementale à la ferme :

Les producteurs qui ont un plan environnemental (PA) sont statistiquement plus susceptibles :

- d'adopter des PGB qui aident à réduire la dérive des pesticides, comme s'abstenir de pulvériser des pesticides lorsque la vitesse du vent est supérieure aux seuils recommandés, utiliser des rampes à écran protecteur, des buses à faible dérive ou des produits chimiques anti-dérive et laisser des zones tampons sans traitement (figure 5-13);
- d'adopter des PGB visant à réduire la quantité de pesticides utilisée (67 p. 100 c. 53 p. 100).

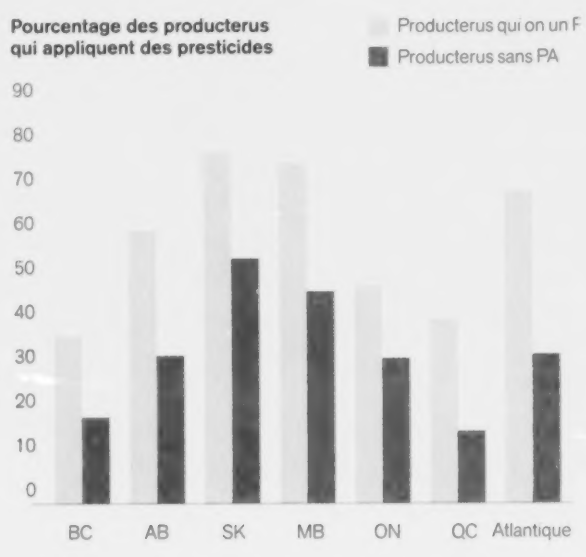


FIGURE 5-13 Comparaison du taux d'adoption d'au moins deux PGB visant à réduire la dérive des pesticides entre les producteurs qui ont une PEFet ceux qui n'en ont pas

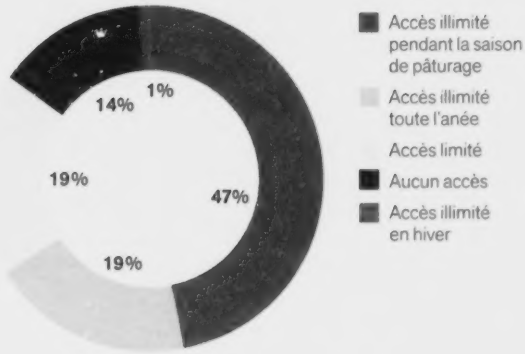


FIGURE 5-14 Accès des animaux en pâturage aux eaux de surface en 2006 (pourcentage des producteurs qui ont répondu au questionnaire)

Indice d'adoption des PGB

La performance environnementale de l'agriculture dépend en fin de compte des pratiques adoptées par les producteurs. Les ordres de gouvernement et les organisations non gouvernementales font tous la promotion de différentes pratiques afin d'exploiter les avantages ou de réduire les risques liés à l'agriculture, souvent en mettant l'accent sur une région ou une question particulière. Le taux global d'adoption des PGB à l'échelle du Canada est toutefois inconnu. On est à élaborer un indice d'adoption des PGB afin d'obtenir cette information. Cet outil vise à attribuer aux différentes régions, provinces et denrées du Canada un taux objectif d'adoption des PGB qui reflète les pratiques mises en œuvre par les producteurs. Il fournira aux décideurs des renseignements qui les aideront à élaborer des politiques et des programmes. Il sera conforme aux modèles d'indicateur présentés dans ce rapport, pour que les principales activités agricoles puissent être intégrées aux modèles d'indicateur et offrir un reflet fidèle de la performance environnementale.

Points saillants – Planification environnementale à la ferme :

Les producteurs qui ont une PEFsont statistiquement plus susceptibles :

- de limiter ou de barrer l'accès des animaux en pâturage aux eaux de surface (figure 5-15);
- de maintenir des zones tampons riveraines autour des terres humides permanentes ou saisonnières et des voies d'eau (figure 5-16).

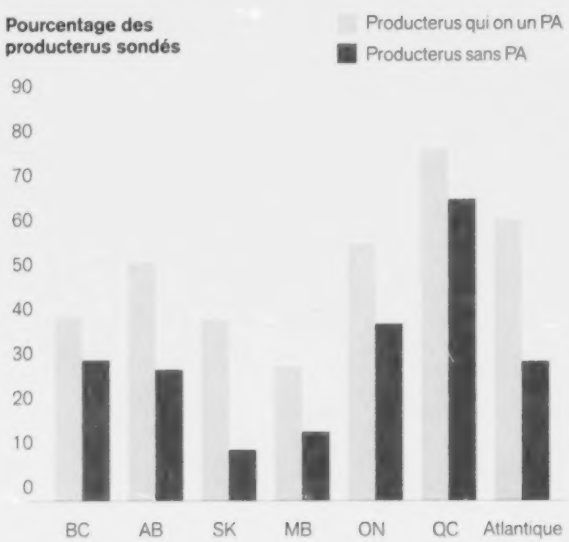


FIGURE 5-15 Comparaison des pratiques de pâturage entre les producteurs qui ont un PA et ceux qui n'en ont pas (limiter ou barrer l'accès des animaux aux eaux de surface).

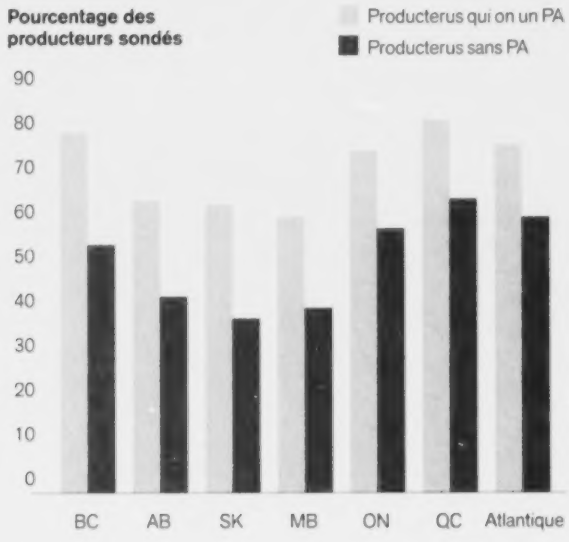


FIGURE 5-16 Comparaison des pratiques de gestion de l'eau et des terres (maintien d'une *zone riveraine* autour des eaux de surface) entre les producteurs qui ont un PA et ceux qui n'en ont pas, 2006

TABLEAU 5-7 Producteurs maintenant des zones tampons riveraines et des distances de séparation par rapport aux plans d'eaux de surface en 2006

	Maintenaient une zone tampon riveraine (pourcentage des producteurs)	Maintenaient une distance de séparation (pourcentage des producteurs)
Terres humides saisonnières	45	46
Terres humides permanentes	56	50
Voies d'eau	63	60

types de pesticides. La figure 5-12 montre que le nombre de producteurs qui pratiquent l'étalonnage entre les applications de différents pesticides était plus élevé en 2006 qu'en 2001, ce qui a sans doute entraîné une utilisation plus efficace des pesticides et une réduction potentielle du risque de pertes dans l'environnement.

Afin de réduire l'utilisation des pesticides, de nombreux producteurs ont recours à la *lutte intégrée*, processus décisionnel qui s'appuie sur de multiples pratiques pour réprimer les ravageurs de façon efficace, économique et respectueuse de l'environnement. En 2006, 73 p. 100 des producteurs pratiquaient la rotation des cultures pour lutter contre les ravageurs (tableau 5-6); la deuxième méthode de rechange par ordre de popularité était le travail du sol. Ces résultats sont encourageants, car ils donnent à penser que les producteurs s'efforcent activement de réduire l'utilisation des pesticides.

Gestion des terres et de l'eau

Les producteurs canadiens gèrent non seulement les apports agricoles tels que le fumier, les engrais et les pesticides, mais aussi leurs ressources foncières et hydriques pour qu'elles restent en bonne santé et continuent de contribuer à la productivité de leur exploitation. Des sols en bon état et de l'eau propre sont essentiels pour assurer la santé des cultures, des animaux d'élevage et de la faune.

Les pratiques de gestion durable des ressources foncières et hydriques ont notamment pour avantages de réduire l'érosion et donc la perte de sols productifs, et de préserver la présence d'eau propre, qui est une ressource essentielle aux exploitations agricoles. Les résultats de l'EGA de 2006 indiquent que les producteurs géraient leurs opérations de façon à réduire l'érosion. Par exemple, 34 p. 100 des producteurs plantaient des cultures fourragères vivaces permanentes sur les terres érodables, 31 p. 100 utilisaient des brise-vent pour les bâtiments de la ferme, 20 p. 100 utilisaient des *brise-vent* pour les cultures, 23 p. 100 ensemençaient des cultures-abris ou des cultures mixtes, et 11 p. 100 plantaient des cultures couvre-sol d'hiver ou des engrais verts après la récolte. Toutes ces pratiques aident à préserver ou à améliorer la santé des sols.

La plupart des exploitations agricoles canadiennes disposent d'eaux de surface quelconques — comme des terres humides, des ruisseaux, des mares-réservoirs ou des étangs permanents ou saisonniers — pendant au moins une partie de l'année. La qualité de ces eaux de surface peut être compromise par les activités agricoles qui provoquent l'érosion du sol ou le ruissellement des éléments nutritifs et des pesticides ou elle peut être contaminée par le bétail. L'accès direct des animaux en pâturage aux eaux de surface peut éroder les rives des cours d'eau, ce qui en réduit la stabilité et peut contaminer les eaux de surface par sédimentation — en plus d'introduire des éléments nutritifs et des pathogènes provenant du fumier. En contrôlant l'accès du bétail aux eaux de surface, les producteurs aident à prévenir la dégradation des rives des cours d'eau et à protéger la qualité de l'eau. Dans bien des cas, ils peuvent arriver à cette fin en limitant l'accès (particulièrement en combinaison avec des stratégies appropriées de rotation des cultures de couverture) mais, dans certaines régions sensibles, il peut être nécessaire ou souhaitable d'éliminer carrément l'accès. Seulement 14 p. 100 des éleveurs bloquent l'accès aux eaux de surface, 19 p. 100 limitent l'accès, et près de 67 p. 100 permettent un accès illimité durant la saison de pâturage (figure 5-14). C'est là un secteur clé où les producteurs ont la chance d'améliorer sensiblement leur performance environnementale.

Les pratiques de gestion — comme maintenir la distance de séparation des eaux de surface, stabiliser les rives et planter des zones tampons riveraines — peuvent réduire le risque de contamination de l'eau, car la végétation capture les éléments nutritifs et pesticides excédentaires dans le sol avant leur entrée dans le cours d'eau et stabilise les rives. Environ la moitié des producteurs qui ont des terres humides permanentes ou saisonnières maintiennent une *zone tampon* riveraine et une distance de séparation, et plus de 60 p. 100 maintiennent une zone tampon et une distance de séparation pour les voies d'eau (tableau 5-7). Les producteurs sont moins enclins à maintenir des distances de séparation et des zones tampons riveraines autour des terres humides saisonnières (étangs, bourbiers, etc. qui contiennent de l'eau pendant seulement une partie de la saison), car ils peuvent faire une utilisation au moins partielle de ces terres humides à des fins agricoles durant les périodes sèches de l'été et les années de sécheresse. Dans certaines régions du pays, les producteurs sont tenus par règlement de maintenir une distance de séparation par rapport aux voies d'eau, ce qui se reflète probablement dans les résultats. Les tendances indiquent toutefois qu'il y a encore matière à amélioration.

Référence

Statistique Canada, 2007. Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2006. Ottawa (Ontario).

06 Couverture des sols

AUTEURS
T. Huffman et D. Coote

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du degré de couverture des sols

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

Les sols agricoles couverts par la végétation, les résidus de culture ou la neige sont partiellement protégés contre les éléments et moins vulnérables aux phénomènes de dégradation comme l'érosion par le vent et l'eau, la perte de matières organiques, la dégradation structurale et la baisse de fertilité. Le nombre de jours de l'année pendant lesquels le sol est couvert dépend de nombreux facteurs tels que le type de culture et la quantité de biomasse produite, les pratiques de récolte, le climat et le moment choisi pour les activités au champ et le travail du sol. L'indicateur du degré de couverture des sols spécifie le nombre de jours de l'année pendant lesquels les sols agricoles sont couverts. Une augmentation du nombre de *jours de couverture* témoigne d'une amélioration de la durabilité de l'agriculture et de l'environnement, car le sol est mieux protégé contre la dégradation et moins susceptible de contribuer à la contamination de l'eau et aux émissions atmosphériques.

L'indicateur du degré de couverture des sols est calculé pour chaque année de recensement comprise entre 1981 et 2006. Sur cette période de 25 ans, les degrés moyens de couverture des sols au Canada ont augmenté de 7 p. 100. Cette amélioration découle principalement de l'adoption répandue des méthodes de travail réduit du sol et d'une moindre utilisation des jachères dans les provinces des Prairies. Cependant, l'effet de l'élargissement des surfaces de sol couvertes et du travail réduit du sol a été neutralisé dans une large mesure par l'intensification des cultures (abandon des plantes pérennes au profit des cultures annuelles) et par la hausse du pourcentage de la superficie consacré à des cultures telles que la pomme de terre, le canola et le soya, dont le couvert végétal complet dure généralement moins longtemps et qui produisent moins de résidus que le maïs, les céréales et les fourrages.

L'enjeu

Dans les agroécosystèmes, le *sol dénudé* est plus vulnérable aux phénomènes de dégradation comme l'érosion par le vent et l'eau, la perte de matières organiques, la dégradation de la *structure du sol* et la baisse de fertilité. La dégradation du sol est préoccupante non seulement du point de vue de la qualité du sol, mais aussi dans une perspective environnementale plus vaste. Des niveaux plus élevés d'érosion peuvent faire augmenter le risque de contamination des eaux souterraines et de surface par des charges solides, des éléments nutritifs et des produits chimiques, tandis qu'une plus grande oxydation de la *matière organique du sol* sous un sol dénudé contribue aux émissions de gaz à effet de serre. De plus, un sol dénudé offre généralement un habitat faunique appauvri qui pourrait nuire à la biodiversité.

Le type de culture détermine l'espacement des rangées, le taux de croissance et la quantité de biomasse créée, et il a une grande influence sur le degré de couverture des sols au cours d'une année donnée. Les grandes cultures vivaces telles que le foin offrent un bon degré de couverture des sols en toutes saisons, tandis que les cultures annuelles comme le blé ou le maïs peuvent laisser le sol exposé après le semis ou le labour d'automne. Par ailleurs, les cultures telles que les haricots, les pois, le canola et les pommes de terre ont tendance à avoir des périodes plus courtes de couvert végétal complet et à laisser moins de résidus après la récolte. La gestion des résidus, comme la décision de laisser le chaume dans les champs, de le mettre en balles, de l'utiliser pour le pâturage ou de le brûler, a aussi d'importantes répercussions sur la couverture des sols, tout comme la méthode, le moment et la fréquence de labour. Certaines pratiques de travail du sol classique prévoient l'enfouissement de la plupart des résidus végétaux dans le sol pour dégager la surface en vue de l'ensemencement, alors que les pratiques de conservation et sans travail du sol laissent plus de résidus à la surface du sol, augmentant ainsi la couverture. De plus, le labour effectué en automne après la récolte expose le sol pendant une période plus longue que les travaux exécutés seulement au printemps immédiatement avant le semis.

La productivité du sol et les conditions climatiques ou météorologiques influencent aussi la couverture des sols en agissant sur la vigueur de la croissance végétative et, partant, sur la quantité de feuillage et de résidus végétaux couvrant le sol. Cultivée dans des conditions climatiques différentes, la même culture produit généralement différentes quantités de résidus, car cette quantité dépend du degré de croissance végétative. De même, le nombre de jours dans l'année où le sol est protégé par la neige contre l'érosion par le vent et l'eau varie beaucoup à travers le Canada.

TABLEAU 5-7 Producteurs maintenant des zones tampons riveraines et des distances de séparation par rapport aux plans d'eaux de surface en 2006

	Maintenaient une distance de séparation (pourcentage des producteurs)	
Terres humides saisonnières	45	46
Terres humides permanentes	56	50
Voies d'eau	63	60

types de pesticides. La figure 5-12 montre que le nombre de producteurs qui pratiquent l'étalonnage entre les applications de différents pesticides était plus élevé en 2006 qu'en 2001, ce qui a sans doute entraîné une utilisation plus efficace des pesticides et une réduction potentielle du risque de pertes dans l'environnement.

Afin de réduire l'utilisation des pesticides, de nombreux producteurs ont recours à la *lutte intégrée*, processus décisionnel qui s'appuie sur de multiples pratiques pour réprimer les ravageurs de façon efficace, économique et respectueuse de l'environnement. En 2006, 73 p. 100 des producteurs pratiquaient la rotation des cultures pour lutter contre les ravageurs (tableau 5-6); la deuxième méthode de rechange par ordre de popularité était le travail du sol. Ces résultats sont encourageants, car ils donnent à penser que les producteurs s'efforcent activement de réduire l'utilisation des pesticides.

Gestion des terres et de l'eau

Les producteurs canadiens gèrent non seulement les apports agricoles tels que le fumier, les engrais et les pesticides, mais aussi leurs ressources foncières et hydriques pour qu'elles restent en bonne santé et continuent de contribuer à la productivité de leur exploitation. Des sols en bon état et de l'eau propre sont essentiels pour assurer la santé des cultures, des animaux d'élevage et de la faune.

Les pratiques de gestion durable des ressources foncières et hydriques ont notamment pour avantages de réduire l'érosion et donc la perte de sols productifs, et de préserver la présence d'eau propre, qui est une ressource essentielle aux exploitations agricoles. Les résultats de l'EGA de 2006 indiquent que les producteurs géraient leurs opérations de façon à réduire l'érosion. Par exemple, 34 p. 100 des producteurs plantaient des cultures fourragères vivaces permanentes sur les terres érodables, 31 p. 100 utilisaient des brise-vent pour les bâtiments de la ferme, 20 p. 100 utilisaient des *brise-vent* pour les cultures, 23 p. 100 ensemençaient des cultures-abris ou des cultures mixtes, et 11 p. 100 plantaient des cultures couvre-sol d'hiver ou des engrais verts après la récolte. Toutes ces pratiques aident à préserver ou à améliorer la santé des sols.

La plupart des exploitations agricoles canadiennes disposent d'eaux de surface quelconques — comme des terres humides, des ruisseaux, des mares-réservoirs ou des étangs permanents ou saisonniers — pendant au moins une partie de l'année. La qualité de ces eaux de surface peut être compromise par les activités agricoles qui provoquent l'érosion du sol ou le ruissellement des éléments nutritifs et des pesticides ou elle peut être contaminée par le bétail. L'accès direct des animaux en pâturage aux eaux de surface peut éroder les rives des cours d'eau, ce qui en réduit la stabilité et peut contaminer les eaux de surface par sédimentation — en plus d'introduire des éléments nutritifs et des pathogènes provenant du fumier. En contrôlant l'accès du bétail aux eaux de surface, les producteurs aident à prévenir la dégradation des rives des cours d'eau et à protéger la qualité de l'eau. Dans bien des cas, ils peuvent arriver à cette fin en limitant l'accès (particulièrement en combinaison avec des stratégies appropriées de rotation des cultures de couverture) mais, dans certaines régions sensibles, il peut être nécessaire ou souhaitable d'éliminer carrément l'accès. Seulement 14 p. 100 des éleveurs bloquent l'accès aux eaux de surface, 19 p. 100 limitent l'accès, et près de 67 p. 100 permettent un accès illimité durant la saison de pâturage (figure 5-14). C'est là un secteur clé où les producteurs ont la chance d'améliorer sensiblement leur performance environnementale.

Les pratiques de gestion — comme maintenir la distance de séparation des eaux de surface, stabiliser les rives et planter des zones tampons riveraines — peuvent réduire le risque de contamination de l'eau, car la végétation capture les éléments nutritifs et pesticides excédentaires dans le sol avant leur entrée dans le cours d'eau et stabilise les rives. Environ la moitié des producteurs qui ont des terres humides permanentes ou saisonnières maintiennent une *zone tampon* riveraine et une distance de séparation, et plus de 60 p. 100 maintiennent une zone tampon et une distance de séparation pour les voies d'eau (tableau 5-7). Les producteurs sont moins enclins à maintenir des distances de séparation et des zones tampons riveraines autour des terres humides saisonnières (étangs, bourbiers, etc. qui contiennent de l'eau pendant seulement une partie de la saison), car ils peuvent faire une utilisation au moins partielle de ces terres humides à des fins agricoles durant les périodes sèches de l'été et les années de sécheresse. Dans certaines régions du pays, les producteurs sont tenus par règlement de maintenir une distance de séparation par rapport aux voies d'eau, ce qui se reflète probablement dans les résultats. Les tendances indiquent toutefois qu'il y a encore matière à amélioration.

Référence

Statistique Canada. 2007. Enquête sur la gestion agroenvironnementale de 2006. Ottawa (Ontario).

06 Couverture des sols

AUTEURS

NOM DE L'INDICATEUR

PORTEE

Sommaire

Les sols agricoles couverts par la végétation, les résidus de culture ou la neige sont partiellement protégés contre les éléments et moins vulnérables aux phénomènes de dégradation comme l'érosion par le vent et l'eau, la perte de matières organiques, la dégradation structurale et la baisse de fertilité. Le nombre de jours de l'année pendant lesquels le sol est couvert dépend de nombreux facteurs tels que le type de culture et la quantité de biomasse produite, les pratiques de récolte, le climat et le moment choisi pour les activités au champ et le travail du sol. L'indicateur du degré de couverture des sols spécifie le nombre de jours de l'année pendant lesquels les sols agricoles sont couverts. Une augmentation du nombre de *jours de couverture* témoigne d'une amélioration de la durabilité de l'agriculture et de l'environnement, car le sol est mieux protégé contre la dégradation et moins susceptible de contribuer à la contamination de l'eau et aux émissions atmosphériques.

L'indicateur du degré de couverture des sols est calculé pour chaque année de recensement comprise entre 1981 et 2006. Sur cette période de 25 ans, les degrés moyens de couverture des sols au Canada ont augmenté de 7 p. 100. Cette amélioration découle principalement de l'adoption répandue des méthodes de travail réduit du sol et d'une moindre utilisation des jachères dans les provinces des Prairies. Cependant, l'effet de l'élargissement des surfaces de sol couvertes et du travail réduit du sol a été neutralisé dans une large mesure par l'intensification des cultures (abandon des plantes pérennes au profit des cultures annuelles) et par la hausse du pourcentage de la superficie consacré à des cultures telles que la pomme de terre, le canola et le soya, dont le couvert végétal complet dure généralement moins longtemps et qui produisent moins de résidus que le maïs, les céréales et les fourrages.

L'enjeu

Dans les agroécosystèmes, le *sol dénudé* est plus vulnérable aux phénomènes de dégradation comme l'érosion par le vent et l'eau, la perte de matières organiques, la dégradation de la *structure du sol* et la baisse de fertilité. La dégradation du sol est préoccupante non seulement du point de vue de la qualité du sol, mais aussi dans une perspective environnementale plus vaste. Des niveaux plus élevés d'érosion peuvent faire augmenter le risque de contamination des eaux souterraines et de surface par des charges solides, des éléments nutritifs et des produits chimiques, tandis qu'une plus grande oxydation de la *matière organique du sol* sous un sol dénudé contribue aux émissions de gaz à effet de serre. De plus, un sol dénudé offre généralement un habitat faunique appauvri qui pourrait nuire à la biodiversité.

Le type de culture détermine l'espacement des rangées, le taux de croissance et la quantité de biomasse créée, et il a une grande influence sur le degré de couverture des sols au cours d'une année donnée. Les grandes cultures vivaces telles que le foin offrent un bon degré de couverture des sols en toutes saisons, tandis que les cultures annuelles comme le blé ou le maïs peuvent laisser le sol exposé après le semis ou le labour d'automne. Par ailleurs, les cultures telles que les haricots, les pois, le canola et les pommes de terre ont tendance à avoir des périodes plus courtes de couvert végétal complet et à laisser moins de résidus après la récolte. La gestion des résidus, comme la décision de laisser le chaume dans les champs, de le mettre en balles, de l'utiliser pour le pâturage ou de le brûler, a aussi d'importantes répercussions sur la couverture des sols, tout comme la méthode, le moment et la fréquence de labour. Certaines pratiques de travail du sol classique prévoient l'enfouissement de la plupart des résidus végétaux dans le sol pour dégager la surface en vue de l'ensemencement, alors que les pratiques de conservation et sans travail du sol laissent plus de résidus à la surface du sol, augmentant ainsi la couverture. De plus, le labour effectué en automne après la récolte expose le sol pendant une période plus longue que les travaux exécutés seulement au printemps immédiatement avant le semis.

La productivité du sol et les conditions climatiques ou météorologiques influencent aussi la couverture des sols en agissant sur la vigueur de la croissance végétative et, partant, sur la quantité de feuillage et de résidus végétaux couvrant le sol. Cultivée dans des conditions climatiques différentes, la même culture produit généralement différentes quantités de résidus, car cette quantité dépend du degré de croissance végétative. De même, le nombre de jours dans l'année où le sol est protégé par la neige contre l'érosion par le vent et l'eau varie beaucoup à travers le Canada.

Le principal facteur qui influence le changement dans la couverture des sols agricoles au fil du temps est la gestion des terres. L'adoption de pratiques de conservation et sans travail du sol, la réduction de la superficie en jachère et l'abandon des cultures annuelles au profit des cultures pérennes ont tendance à accroître le degré de couverture des sols, tandis qu'un travail accru du sol, une plus grande récolte des résidus de culture et l'augmentation de la production des cultures annuelles ont l'effet contraire.

L'indicateur

L'indicateur du degré de couverture des sols spécifie le nombre de jours dans l'année où les terres agricoles sont couvertes durant un cycle caractéristique de production d'une culture. Un jour de sol couvert (JSC) correspond à un sol couvert à 100 p. 100 pendant une journée, à 50 p. 100 pendant deux jours, à 10 p. 100 pendant 10 jours et ainsi de suite. L'indicateur tient compte de la couverture assurée par le feuillage et les résidus de culture à la surface du sol et par la neige. Par exemple, un champ de foin vivace a généralement plus de 300 JSC par an, car seulement une petite partie de la surface du sol est exposée à tout moment. En revanche, une culture de soya dans une région qui reçoit peu de neige et où il n'y a pas de culture de couverture d'hiver peut avoir moins de 150 JSC.

L'indicateur est fondé sur un calcul qui estime, pour chaque culture et chaque méthode de travail du sol, le nombre de jours de l'année où le sol sera probablement couvert. Pour estimer le nombre de JSC, on a mis au point un calendrier annuel incluant les dates des activités typiques au champ et le degré de couverture des sols pour chaque culture et pratique de travail du sol dans chaque *écorégion*. L'indicateur du degré de couverture des sols tient compte des facteurs suivants :

- le jour où la couverture des sols connaît d'importants changements (p. ex., semis, récolte, travail du sol) et le pourcentage de la surface couverte à la fin de l'opération;
- le développement et la réduction du couvert végétal entre le semis et la récolte;
- la *décomposition* des résidus;
- le nombre total de jours où le sol est couvert par plus de 2 cm de neige;
- l'enlèvement de la paille par mise en balles ou incinération;
- les fauches multiples et l'accès du bétail au foin et aux pâturages.

On a établi une série de calendriers des JSC pour toutes les cultures et écorégions du Canada à l'aide des données provenant d'études sur le terrain (Wall *et coll.*, 2002), de bulletins de vulgarisation (Administration du rétablissement agricole des Prairies, 2003), de la documentation publiée (Steiner *et coll.*, 1999) et de consultations avec des experts locaux en agronomie. Dans le cas des cultures d'étendue très limitée, on a établi les calendriers par extrapolation à partir des valeurs connues pour des régions, des cultures et des pratiques de gestion semblables.

Les données relatives aux cultures et aux méthodes de travail du sol proviennent du Recensement de l'agriculture pour 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006. Une valeur moyenne du nombre de JSC, pondérée par la superficie, a été calculée pour chaque polygone des Pédo-paysages du Canada (PPC), pour chaque province et pour tout le pays.

Les résultats obtenus pour l'indicateur sont exprimés en nombre moyen de JSC par année ainsi qu'en proportion des terres arables appartenant à l'une des cinq catégories de couverture pour chaque année de recensement comprise entre 1981 et 2006. Une augmentation du nombre de jours de sol couvert ou de la proportion des terres appartenant aux catégories de couverture élevées indique une amélioration de la durabilité et une baisse du risque de dégradation de ces sols ou de leur contribution à la dégradation du milieu environnant.

Limites

Un certain nombre d'hypothèses et de limites sont inhérentes à la méthodologie. Le recours à des pratiques culturales typiques et aux moyennes climatiques à long terme (pour la couverture par la neige) signifie qu'il n'est pas tenu compte des variations locales dans les pratiques culturales, les dates et les conditions météorologiques. Cependant, la plus grande limite tient au fait que la moyenne calculée pour toutes les pratiques culturales adoptées dans chaque polygone des PPC est utilisée également pour toutes les cultures. Les différences attribuables aux méthodes de travail de conservation du sol utilisées pour les différentes cultures ne sont donc pas prises en compte. De même, comme les pratiques de conservation et sans travail du sol ne se sont généralisées qu'au cours des 20 à 25 dernières années et que le recensement des méthodes de travail n'a commencé qu'en 1991, nous avons supposé que les méthodes de travail classiques étaient utilisées tant pour les cultures que pour les jachères en 1981 et 1986.

Résultats et interprétation

Les pratiques de travail du sol, la gestion des résidus, la fréquence des récoltes et des jachères, la couverture nivale et les conditions de croissance climatiques du sol varient entre les régions agricoles du Canada, ces différences se reflétant dans le nombre de JSC associé à chaque région (figure 6-1 et tableau 6-1). L'adoption du travail réduit du sol a eu une influence positive sur la couverture des sols pour toutes les cultures, toutes les régions du Canada et toutes les années à l'étude (tableau 6-3). Dans les provinces des Prairies, le travail réduit du sol, la diminution de la fréquence des jachères et la popularité croissante des cultures vivaces ont grandement contribué à l'augmentation du degré de couverture des sols. Le recul des cultures vivaces dans l'est du Canada et la progression à l'échelle nationale des cultures annuelles à faible couverture comme le canola, les

Catégories de couverture des sols (jours de sol couvert an^{-1})

très élevé	élevé		faible	très faible	non évalué
>=325	300-324	275-299	250-274	<250	

FIGURE 6-1 Catégorie de couverture des sols par polygone des pédo-paysages, 2006, Canada

TABLEAU 6-1 Nombre moyen de JSC par année, pondéré selon la superficie, pour chaque province et pour le Canada, 1981–2006

	Nombre moyen de JSC par année, pondéré selon la superficie					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	284	293	294	295	295	293
AB	279	282	286	290	292	295
SK	258	263	272	278	278	284
MB	274	278	284	286	288	297
ON	268	269	273	280	281	285
QC	306	307	306	307	304	308
NB	324	328	326	327	325	327
NS	326	329	330	331	330	330
PE	286	289	290	290	291	292
NL	291	322	318	334	328	313
CANADA	**272**	**275**	**281**	**285**	**286**	**291**

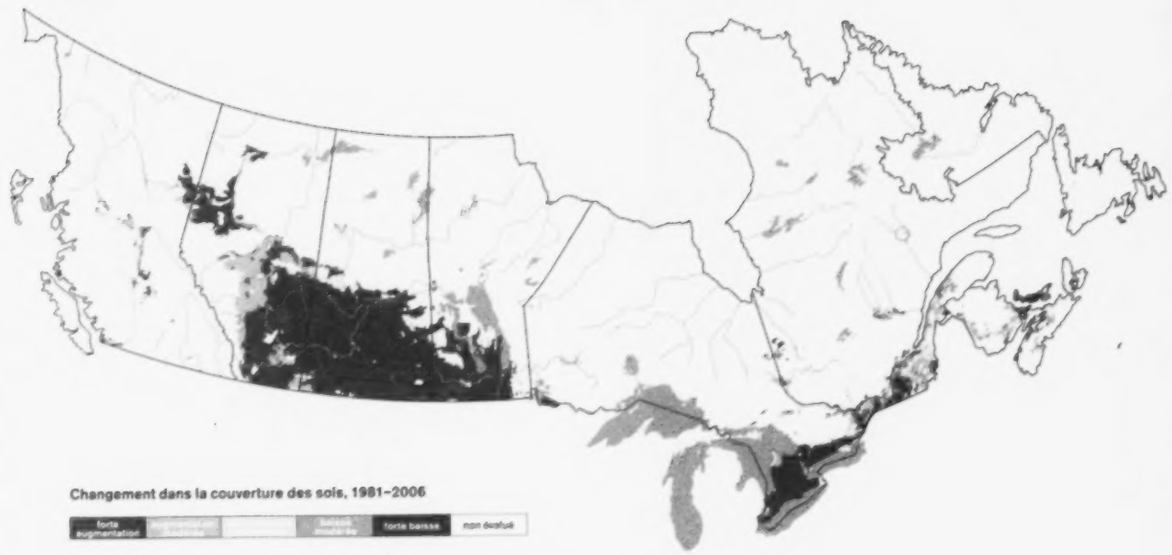


FIGURE 6-2 Changement dans la couverture des sols, 1981–2006, par unité de pédo-paysage, Canada

TABLEAU 6-2 Pourcentage de terres agricoles par catégorie de couverture des sols, années de recensement, 1981–2006

	Très élevé (>=325 JSC / an^{-1}) (pourcentage)						Élevé (300–324 JSC / an^{-1}) (pourcentage)												Faible (250–274 JSC / an^{-1}) (pourcentage)						Très faible (< 250 JSC / an^{-1}) (pourcentage)					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	0	1	0	1	1	2	24	48	54	55	54	40	53	34	32	27	29	35	17	13	11	9	14	22	6	4	3	8	2	1
AB	0	0	0	0	0	0	17	27	34	44	57	60	42	33	29	28	22	21	29	30	35	14	21	19	12	10	2	14	0	0
SK	0	0	0	0	0	0	0	0	1	6	10	34	28	40	43	48	42	28	26	28	50	21	45	38	46	32	6	25	3	0
MB	0	0	0	0	0	0	6	11	10	13	18	61	32	50	67	69	67	27	61	39	23	15	15	12	1	0	0	3	0	0
ON	1	3	1	2	4	5	11	14	14	20	14	18	31	26	35	33	39	45	32	31	32	29	40	30	25	26	18	16	3	2
QC	30	35	32	32	31	27	36	35	32	32	27	39	18	14	21	20	23	22	15	15	15	13	19	12	1	1	0	3	0	0
NB	58	69	63	65	67	74	38	25	32	31	21	19	4	6	5	4	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	72	78	76	78	76	82	20	15	17	19	16	14	7	6	7	2	8	4	1	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
PE	0	0	0	0	0	0	14	25	21	14	21	28	67	57	60	82	79	72	19	18	19	4	0	0	0	0	0	0	0	0
NL	0	59	32	85	58	23	28	23	59	14	39	63	60	15	2	1	3	5	12	3	7	0	0	9	0	0	0	0	0	0
CANADA	**3**	**3**	**2**	**3**	**3**	**3**	**10**	**15**	**17**	**23**	**29**	**44**	**33**	**36**	**39**	**40**	**37**	**27**	**30**	**28**	**37**	**18**	**30**	**26**	**24**	**18**	**5**	**15**	**1**	**0**

TABLEAU 6-3 Nombre de JSC par année selon différentes pratiques de travail du sol pour des cultures et des écorégions choisies du Canada

		Écorégion			
		Île-du-Prince-Édouard	Basses-terres du lac Érié	Forêt-parc à trembles	Prairies mixtes
Culture	Travail du sol	Nombre moyen de JSC par année			
Céréales	Classique	219	233	284	273
	Conservation	307	270	299	288
	Sans travail du sol	320	281	308	289
Canola	Classique	205	165	278	249
	Conservation	230	190	286	259
	Sans travail du sol	265	228	291	259
Foin	Classique	315	293	321	322
	Conservation	s. o.	s. o.	s. o.	n/a
	Sans travail du sol	s. o.	s. o.	s. o.	n/a
Jachère	Classique	s. o.	s. o.	201	172
	Conservation	s. o.	s. o.	247	220
	Sans travail du sol	s. o.	s. o.	295	273

pommes de terre et le soya ont eu une influence négative sur la couverture des sols au cours de cette période.

Les valeurs moyennes du nombre de JSC durant la période visée par l'étude allaient d'un minimum de 258 en Saskatchewan en 1981 à un maximum de 334 à Terre-Neuve-et-Labrador en 1996 (tableau 6-1). Au cours de cette période de 25 ans, la moyenne nationale est passée de 272 JSC à 291 JSC (tableau 6-1). Les plus fortes hausses ont été enregistrées en Saskatchewan (10 p. 100), au Manitoba (9 p. 100), à Terre-Neuve-et-Labrador (8 p. 100), en Alberta (6 p. 100) et en Ontario (6 p. 100).

En 1981 comme en 2006, 3 p. 100 des terres agricoles canadiennes se classaient dans la catégorie très élevée de couverture des sols, tandis que la proportion de terres dans la catégorie élevée a grimpé de 34 p. 100 entre 1981 et 2006 (tableau 6-2). Cette augmentation découlait d'une importante transition des terres des catégories plus faibles, particulièrement la catégorie très faible. Cette catégorie a baissé d'environ 24 p. 100 pour s'établir à moins de 1 p. 100 des terres agricoles canadiennes en 2006. En fait, entre 1981 et 2006, le nombre de jours de sol couvert a augmenté pour 94 p. 100 des terres agricoles, 84 p. 100 d'entre elles affichant une forte hausse. Environ 3 p. 100 des terres agricoles canadiennes ont connu une diminution des JSC et 3 p. 100 ont enregistré peu ou pas de changements entre 1981 et 2006 (Figure 6-2).

Mesures d'intervention possibles

Les variations du degré de couverture des sols sont influencées par les changements dans les pratiques culturales, comme l'adoption des pratiques de conservation et sans travail du sol, et les changements dans la distribution des cultures. En conséquence, bien que la réduction du travail du sol puisse faire augmenter le degré de couverture de 45 p. 100 ou plus dans le cas d'une culture particulière (p. ex. céréales à l'Île-du-Prince-Édouard ou jachère d'été dans les provinces des Prairies — tableau 6-3), le passage d'une *culture sans travail du sol* qui laisse beaucoup de résidus, comme le maïs, à une culture sans travail du sol qui laisse peu de résidus, comme le soya, peut entraîner une diminution du nombre de JSC.

Peut-être plus importante encore que l'adoption du travail réduit du sol pour l'amélioration du degré de couverture est l'application de pratiques visant à améliorer la couverture des sols durant la production de cultures laissant peu de résidus comme la pomme de terre, le canola, le soya, les légumes et les cultures de pépinière. La superficie consacrée à ces cultures a augmenté et l'on peut s'attendre à ce que cette tendance se maintienne. Le semis d'un *engrais vert* ou d'un couvre-sol d'hiver le plus tôt possible après la récolte assurerait un plus grand degré de couverture des sols durant la longue période s'étendant entre la récolte à l'automne et le semis au printemps. Ceci pourrait prendre une importance particulière si le changement climatique réduisait le nombre de jours de couverture nivale ou s'il se produisait plus de phénomènes météorologiques exceptionnels au printemps avant le semis — lorsque le sol est particulièrement vulnérable à la dégradation par érosion.

La volonté d'étendre la couverture des sols pourrait aussi amener les chercheurs à mettre au point des cultures associées et hivernantes appropriées, des variétés germant au froid à cultiver sans travail du sol, du matériel pour mieux maintenir les résidus en surface tout en assurant une exécution satisfaisante des opérations de production, et peut-être même des cultures présentant un feuillage plus dense et plus durable.

Le degré de couverture des sols a connu une évolution généralement positive depuis le début des années 1980. Cependant, la progression rapide enregistrée entre le début et le milieu des années 1990 a beaucoup ralenti au cours des dix dernières années et que cette tendance est presque universelle. Ce résultat est le signe d'une augmentation des défis techniques au fur et à mesure que le taux d'adoption du travail réduit du sol a atteint un plateau et signifie que toute expansion future risque de ne pas contrebalancer l'influence négative des changements culturaux. Il est également à noter que la récolte des résidus de culture, qui se répand, peut avoir un effet délétère sur la couverture des sols.

Références

Service national d'information sur les terres et les eaux. (2008). *Données interpolées du Recensement de l'agriculture pour les Pédo-paysages, Cadre écologique et Aires de drainage du Canada.* Téléchargé le 9 juin 2009 à partir de http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1226522391901&lang=fra

Administration du rétablissement agricole des Prairies. (2003). *Gestion des résidus de culture dans les Prairies.* Téléchargé le 9 juin 2009 à partir de http://www.rural-gc.agr.ca/pfra/land/residus_f.htm

Statistique Canada. (2007). *À propos du Recensement de l'agriculture.* Téléchargé le 25 juin 2008 à partir de http://www.statcan.gc.ca/ca-ra2006/about-apropos-fra.htm

Steiner, J.L., Schomberg, H.H., et Unger, P.W. (1997). Predicting crop residues decomposition and cover for wind erosion simulation. Téléchargé le 9 juin 2009 à partir de http://www.weru.ksu.edu/symposium/proceedings/steiner.pdf (en anglais seulement)

Wall, G.J., Coote, D.R., Pringle, E.A. et Shelton, I.J. (éd.) (2002). *RUSLE-CAN - Équation universelle révisée des pertes de sol pour application au Canada : Manuel pour l'évaluation des pertes de sol causées par l'érosion hydrique au Canada.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Wischmeier, W.H. et Smith, D.D. (1965). Predicting rainfall-erosion loss from cropland east of the Rocky Mountains dans *Agriculture Handbook No. 282.* Washington, DC, United States Department of Agriculture.

07 L'habitat faunique

AUTEURS
S. K. Javorek et M. C. Grant

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles

PORTÉE
Échelle nationale, 1986 à 2006

Sommaire

Le paysage agricole du Canada est une mosaïque de terres cultivées, naturelles et semi-naturelles où près de 600 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens peuvent se reproduire, se nourrir et s'abriter. Les types de couverture terrestre associés aux terres agricoles varient quant à leur capacité d'entretenir la faune sauvage. La palme de la plus grande capacité à cet égard revient aux couvertures naturelles et semi-naturelles, suivies par les pâturages améliorés et les terres à foin. Les terres cultivées, quant à elles, font vivre le moins d'espèces fauniques. Les paysages agricoles sont dynamiques, les facteurs économiques dictant les changements, tant bénéfiques que préjudiciables, dans le degré de couverture des sols. C'est la nature de ces changements qui détermine en fin de compte la capacité du paysage à fournir un habitat ainsi que la structure et la viabilité des populations fauniques. Pour comprendre l'impact de l'agriculture sur l'environnement, il importe d'évaluer la capacité des terres agricoles à entretenir des habitats fauniques. L'indicateur de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles reflète les tendances à grande échelle dans la capacité du paysage agricole canadien à offrir un habitat convenable aux populations de vertébrés terrestres.

À l'échelle nationale, la capacité moyenne d'habitat faunique des terres agricoles a reculé entre 1986 et 2006 à cause de la perte de couvertures naturelles ou semi-naturelles et de l'intensification des activités agricoles. Bien que certaines espèces aient sans doute bénéficié des changements dans les types de cultures (par exemple, conversion de jachères en terres à foin) qui se traduisaient par une plus grande capacité d'habitat, l'existence et la viabilité de la majorité des espèces dépendent dans une grande mesure de la disponibilité des couvertures terrestres naturelles et semi-naturelles dans le paysage agricole. Pendant cette période la capacité moyenne d'habitat faunique des terres agricoles est demeurée inchangée sur la plupart du territoire. Par contre, la proportion des terres agricoles dont la capacité a diminué a été légèrement supérieure à la proportion des terres dont la capacité a augmenté.

L'enjeu

Les terres agricoles, qui représentent 8 p. 100 du paysage canadien, comprennent des terres cultivées, des terres à foin, des pâturages avec zones riveraines, des terres humides, des terrains boisés et des prairies naturelles. Dans cette mosaïque de couvertures terrestres, près de 600 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens occupent des habitats qui leur permettent de se nourrir, de se reproduire, de s'abriter et de répondre à leurs autres besoins vitaux. Chacune de ces espèces a des besoins en habitat qui lui sont propres et qui doivent être satisfaits pour qu'une population viable puisse survivre. La perte ou la réduction d'une couverture terrestre peut avoir un effet préjudiciable sur les espèces fauniques associées à un habitat particulier, tandis qu'un habitat nouvellement créé peut bénéficier à un groupe entièrement différent d'espèces. La conservation et l'amélioration de l'habitat faunique sont d'autant plus importantes que de nombreuses espèces qui habitent les terres agricoles du Canada et sont jugées en péril, possiblement en péril ou sensibles vivent dans les terres agricoles (CCCEP 2006; Javorek et Grant, données non publiées) (figure 7-1). C'est la quantité, la qualité et la configuration spatiale des aires de ressources qui déterminent la composition des communautés fauniques dans le paysage agricole.

Les agroécosystèmes sont habités par de nombreuses *espèces indigènes* du Canada, mais l'utilisation des terres agricoles est dynamique et peut avoir des incidences majeures sur la faune. L'habitat faunique des terres agricoles est dégradé par la conversion des terres naturelles et semi-naturelles en terres cultivées, l'intensification de l'agriculture et la perte d'hétérogénéité du paysage. Cependant, les activités agricoles peuvent aussi bénéficier à la faune en diversifiant les habitats dans le paysage. Comme bon nombre des terres agricoles les plus productives du Canada sont des zones de grande biodiversité, les producteurs peuvent aider à soutenir la biodiversité en prenant des décisions éclairées à titre de gestionnaires des terres. Les producteurs sont de plus en plus reconnus non seulement comme pourvoyeurs d'aliments mais aussi comme gardiens de la biodiversité terrestre et gestionnaires de paysages agricoles multifonctionnels, qui fournissent des biens et services alimentaires et environnementaux (Bills et Gross, 2005).

L'indicateur

L'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique des terres agricoles offre une évaluation plurispécifique des tendances à grande échelle dans la capacité du paysage agricole canadien à procurer un habitat convenable aux populations de vertébrés terrestres.

07 L'habitat faunique

AUTEURS

NOM DE L'INDICATEUR

PORTEE

Sommaire

Le paysage agricole du Canada est une mosaïque de terres cultivées, naturelles et semi-naturelles où près de 600 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens peuvent se reproduire, se nourrir et s'abriter. Les types de couverture terrestre associés aux terres agricoles varient quant à leur capacité d'entretenir la faune sauvage. La palme de la plus grande capacité à cet égard revient aux couvertures naturelles et semi-naturelles, suivies par les pâturages améliorés et les terres à foin. Les terres cultivées, quant à elles, font vivre le moins d'espèces fauniques. Les paysages agricoles sont dynamiques, les facteurs économiques dictant les changements, tant bénéfiques que préjudiciables, dans le degré de couverture des sols. C'est la nature de ces changements qui détermine en fin de compte la capacité du paysage à fournir un habitat ainsi que la structure et la viabilité des populations fauniques. Pour comprendre l'impact de l'agriculture sur l'environnement, il importe d'évaluer la capacité des terres agricoles à entretenir des habitats fauniques. L'indicateur de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles reflète les tendances à grande échelle dans la capacité du paysage agricole canadien à offrir un habitat convenable aux populations de vertébrés terrestres.

À l'échelle nationale, la capacité moyenne d'habitat faunique des terres agricoles a reculé entre 1986 et 2006 à cause de la perte de couvertures naturelles ou semi-naturelles et de l'intensification des activités agricoles. Bien que certaines espèces aient sans doute bénéficié des changements dans les types de cultures (par exemple, conversion de jachères en terres à foin) qui se traduisaient par une plus grande capacité d'habitat, l'existence et la viabilité de la majorité des espèces dépendent dans une grande mesure de la disponibilité des couvertures terrestres naturelles et semi-naturelles dans le paysage agricole. Pendant cette période la capacité moyenne d'habitat faunique des terres agricoles est demeurée inchangée sur la plupart du territoire. Par contre, la proportion des terres agricoles dont la capacité a diminué a été légèrement supérieure à la proportion des terres dont la capacité a augmenté.

L'enjeu

Les terres agricoles, qui représentent 8 p. 100 du paysage canadien, comprennent des terres cultivées, des terres à foin, des pâturages avec zones riveraines, des terres humides, des terrains boisés et des prairies naturelles. Dans cette mosaïque de couvertures terrestres, près de 600 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens occupent des habitats qui leur permettent de se nourrir, de se reproduire, de s'abriter et de répondre à leurs autres besoins vitaux. Chacune de ces espèces a des besoins en habitat qui lui sont propres et qui doivent être satisfaits pour qu'une population viable puisse survivre. La perte ou la réduction d'une couverture terrestre peut avoir un effet préjudiciable sur les espèces fauniques associées à un habitat particulier, tandis qu'un habitat nouvellement créé peut bénéficier à un groupe entièrement différent d'espèces. La conservation et l'amélioration de l'habitat faunique sont d'autant plus importantes que de nombreuses espèces qui habitent les terres agricoles du Canada et sont jugées en péril, possiblement en péril ou sensibles vivent dans les terres agricoles (CCCEP 2006; Javorek et Grant, données non publiées) (figure 7-1). C'est la quantité, la qualité et la configuration spatiale des aires de ressources qui déterminent la composition des communautés fauniques dans le paysage agricole.

Les agroécosystèmes sont habités par de nombreuses *espèces indigènes* du Canada, mais l'utilisation des terres agricoles est dynamique et peut avoir des incidences majeures sur la faune. L'habitat faunique des terres agricoles est dégradé par la conversion des terres naturelles et semi-naturelles en terres cultivées, l'intensification de l'agriculture et la perte d'hétérogénéité du paysage. Cependant, les activités agricoles peuvent aussi bénéficier à la faune en diversifiant les habitats dans le paysage. Comme bon nombre des terres agricoles les plus productives du Canada sont des zones de grande biodiversité, les producteurs peuvent aider à soutenir la biodiversité en prenant des décisions éclairées à titre de gestionnaires des terres. Les producteurs sont de plus en plus reconnus non seulement comme pourvoyeurs d'aliments mais aussi comme gardiens de la biodiversité terrestre et gestionnaires de paysages agricoles multifonctionnels, qui fournissent des biens et services alimentaires et environnementaux (Bills et Gross, 2005).

L'indicateur

L'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique des terres agricoles offre une évaluation plurispécifique des tendances à grande échelle dans la capacité du paysage agricole canadien à procurer un habitat convenable aux populations de vertébrés terrestres.

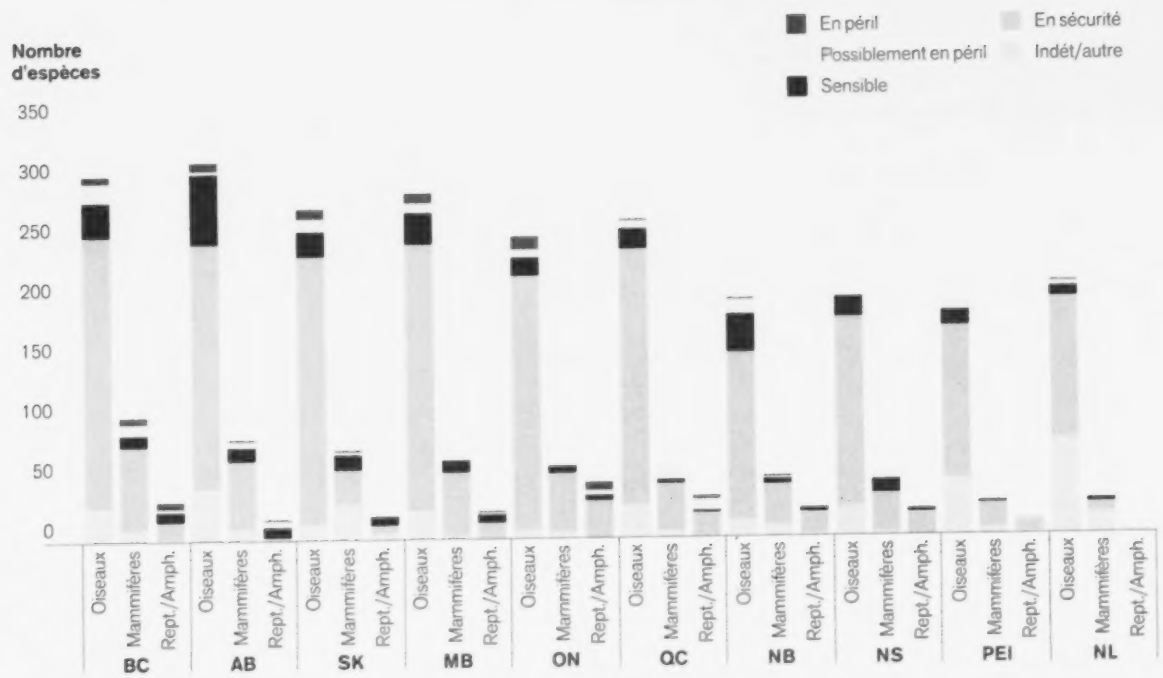


FIGURE 7-1 Dénombrements provinciaux et classifications de la situation générale des oiseaux, des mammifères, des amphibiens et des reptiles associés aux terres agricoles du Canada

La capacité d'habitat faunique a été examinée sur toutes les terres agricoles du Canada pour les années 1986, 1996 et 2006. Les données pour cet indicateur sont tirées du Recensement de l'agriculture du Canada. Ainsi, les terres non utilisées à des fins agricoles et donc exclues du Recensement (p. ex. terres forestières ou urbaines) n'étaient pas incluses. Des liens ont été établis entre, d'une part, l'utilisation et la valeur d'habitat faunique de différents types de couverture terrestre dans le paysage agricole canadien et, d'autre part, 588 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens associées aux terres agricoles du Canada. L'*utilisation de l'habitat* a été examinée à la lumière des besoins de chaque espèce en matière de reproduction, de protection, de rassemblement, de migration et d'hibernation, et la *valeur d'habitat* a été estimée comme primaire, secondaire ou tertiaire. L'habitat primaire désigne une couverture terrestre dont une espèce dépend ou pour laquelle elle a une préférence marquée. L'habitat est considéré comme secondaire si une espèce l'utilisait mais sans en être dépendante. L'habitat tertiaire n'est pas nécessaire mais on peut y observer une espèce à l'occasion. Quinze catégories d'habitat (céréales, céréales d'hiver, oléagineux, maïs, soya, légumes, petits fruits, arbres fruitiers, légumineuses, jachères, foin cultivé, pâturages améliorés, pâturages non améliorés, autres cultures et *toutes les autres terres*) ont été examinées dans le cadre de cette analyse. La catégorie *toutes les autres terres* (terres agricoles qui ne sont ni des terres cultivées ni des pâturages) englobe les terres humides (avec marges, sans marges et eau libre), les aires riveraines (boisées, herbacées ou cultivées), les brise-vent (y compris les haies naturelles), les terrains boisés (avec intérieur, sans intérieur, plantation), les terres improductives ou épuisées et les terres utilisées à des fins *anthropiques*. Des liens ont été établis entre, d'une part, les informations sur chaque espèce et son utilisation de l'habitat et, d'autre part, les données du Recensement de l'agriculture sur les couvertures terrestres et les polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC).

On a produit l'indice de la disponibilité de l'habitat spécifique à une espèce en combinant la valeur d'habitat et la proportion relative d'un type de couverture terrestre habitée par l'espèce en question dans un polygone des PPC. On a ensuite établi l'indice de capacité d'habitat pour ce polygone en calculant la moyenne des valeurs d'habitat spécifique dans chaque polygone des PPC. Les capacités d'habitat ont été calculées pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) ainsi que pour l'hibernation (CH_h).

Les valeurs de la CH_{ra} et de la CH_h ont été classées en cinq catégories (très faible, faible, modérée, élevée, très élevée) selon la distribution nationale des scores de capacité d'habitat de tous les PPC participants.

Limites

L'indicateur de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles concerne uniquement la quantité des habitats et n'a rien à voir avec l'influence du paysage (composition et configuration) sur la faune. Le calcul de l'indicateur est limité par le manque de

données nationales sur les couvertures terrestres dont on aurait besoin pour produire des estimations spatiales et temporelles de différents habitats actuellement inclus dans la catégorie *toutes les autres terres*.

Pour bien interpréter les données, il faut aussi se rappeler que les paysages agricoles sont dynamiques et que les effets des changements dans la couverture terrestre peuvent être à la fois bénéfiques et préjudiciables, surtout en cas d'analyse sur une plus grande échelle spatiale. Ceci peut faire contrepoids aux effets de ces changements sur la faune lors de l'évaluation à des échelles spatiales larges. Les analyses à grande échelle (nationale/provinciale) pouvant masquer les changements dans la capacité d'habitat faunique à plus petite échelle (locale/régionale), il faut les interpréter avec prudence. D'autant plus que les petits changements locaux dans les couvertures terrestres naturelles ou semi-naturelles ne sont pas cernés par les éva-

Espèces étrangères envahissantes

AUTEURS
P.G. Mason, S.I. Warwick, P. Bouchard, R.G. Foottit, et O. Olfert

Les espèces étrangères envahissantes (EEE) sont en général des espèces non indigènes agressives qui, laissées sans contrôle, se multiplient et dominent un écosystème, réduisent la biodiversité indigène et nuisent aux fonctions de l'écosystème. Elles migrent par diverses voies naturelles (graines emportées vers les rives; « passagers » sur les oiseaux, les mammifères et les insectes migrateurs; spores et maladies véhiculées par des arthropodes) et par les activités humaines. L'intensification des échanges commerciaux et des voyages dans le monde a exacerbé le problème en ouvrant de nouvelles possibilités d'introduction de ces espèces.

Comme les autres systèmes écologiques, les écosystèmes agricoles ont besoin d'un certain degré de biodiversité pour maintenir leurs fonctions. Ces fonctions incluent le cycle des éléments nutritifs (encouragé par les bactéries fixatrices d'azote), la décomposition des débris végétaux (appuyée par les champignons et les arthropodes qui se nourrissent de tissus végétaux en dégradation) et la pollinisation des plantes (assurée par les mouches et de nombreuses espèces d'abeilles). Les systèmes naturels comprennent diverses espèces végétales qui préviennent la domination d'une espèce adventice donnée et fournissent moins de plantes alimentaires dont certaines espèces d'insectes sont particulièrement friandes. Cependant, les écosystèmes agricoles sont en général écologiquement simplifiés et, partant, plus susceptibles à l'action des EEE telles que les mauvaises herbes qui germent tôt dans la saison et les insectes qui se nourrissent de plantes cultivées récemment germées.

Les EEE peuvent contribuer à une augmentation des coûts de production agricole, par exemple, en entraînant des embargos commerciaux en vertu des règles de l'Organisation mondiale du commerce (p. ex. galle verruqueuse de la pomme de terre et cécidomyie du chou) et le fléchissement du prix des denrées (p. ex. présence de graines de la mauvaise herbe *Solanum* dans le soya).

Un indicateur du risque posé par les espèces étrangères envahissantes est en préparation. Cet indicateur servira à évaluer les tendances dans la distribution des populations et dans le nombre d'EEE des habitats agricoles. Il révélera ainsi les grandes contraintes ou menaces pour la santé des écosystèmes agricoles et le commerce agricole qui sont attribuables :

1. aux EEE existant au Canada (menaces réelles);
2. aux espèces étrangères établies qui pourraient devenir envahissantes (menaces imminentes);
3. aux EEE connues qui sont actuellement absentes du Canada mais qui ont de fortes possibilités d'y être introduites (menaces potentielles).

L'indicateur du risque posé par les EEE sera calculé sous forme d'indice de *pouvoir envahissant* (indiquant le potentiel nocif) pour des espèces particulières. Cet indice sera basé sur les *relations taxonomiques*, les attributs biologiques qui favorisent l'invasion, le niveau de dommage causé et la distribution réelle ou potentielle. L'indicateur sera calculé pour une seule espèce ou un seul groupe d'espèces et appliqué au niveau local (ferme), régional (comté, province ou territoire) ou national. Pour évaluer la menace posée par une EEE donnée, on utilise des outils de modélisation afin d'estimer l'abondance relative, la variation saisonnière des populations et la distribution géographique d'une espèce donnée (Sutherst *et coll.*, 1999). L'indicateur permettra de repérer les zones les plus menacées et donc les plus susceptibles de tirer avantage des pratiques de gestion bénéfiques, ainsi que les zones les moins menacées ou celles où ont été mis en œuvre des programmes ayant atténué les impacts des EEE.

RÉFÉRENCE

R.W. Sutherst, G.F. Maywald, T. Yonow, et P.M. Stevens. (1999). *CLIMEX: Predicting the effects of climate on plants and animals*. Collingwood, Victoria, Australie : CSIRO Publishing.

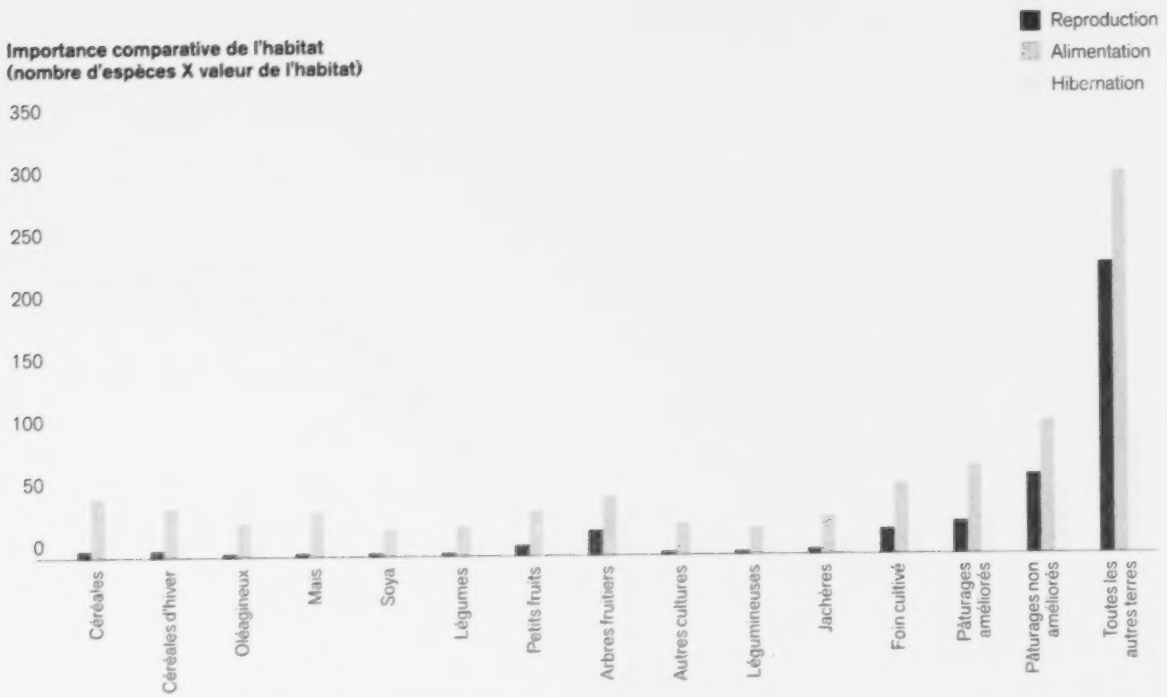


FIGURE 7-3 Importance comparative des types de couvertures agricoles utilisées par la faune à des fins de reproduction, d'alimentation et d'hibernation

luations à grande échelle mais qu'ils peuvent avoir un impact majeur sur la faune.

Pour le moment, l'indicateur concerne uniquement les vertébrés terrestres. L'inclusion d'invertébrés et de groupes fonctionnels choisis (comme les pollinisateurs) permettrait de mieux comprendre les impacts des changements de couverture végétale sur la biodiversité des terres agricoles.

À l'heure actuelle, l'indicateur ne fait pas le lien entre la capacité d'habitat faunique et les réactions réelles des populations fauniques.

Résultats et interprétation

En 2006, la plupart des terres agricoles à CH_{ra} faible ou très faible se trouvaient dans les provinces de l'Ouest et du Centre (figure 7-2; tableau 7-1) et étaient associées à une agriculture plus intensive ou aux régions où les terres naturelles ou semi-naturelles constituaient une proportion relativement faible du paysage agricole. Dans beaucoup de ces régions, l'agriculture occupait une partie importante du paysage global et était souvent le mode d'utilisation dominant. Les terres agricoles à CH_{ra} élevée ou très élevée étaient généralement situées dans les provinces de l'Atlantique ou dans l'écorégion appalachienne du Québec (figure 7-2). Les zones à CH_{ra} élevée ou très élevée se caractérisaient par une proportion importante de couvertures

Ceux qui préservent l'habitat naturel favorisent la biodiversité et procurent des avantages substantiels à la population canadienne dans son ensemble.

terrestres naturelles ou semi-naturelles et une composante agricole relativement faible dans le paysage élargi.

Les types naturels et semi-naturels de couverture terrestre ont la plus grande valeur pour la faune. Toutes les autres terres (dont les terrains boisés, les zones humides et les zones riveraines) ainsi que les pâturages non améliorés ont donc une valeur élevée comme habitat faunique (figure 7-3). Les changements comparativement mineurs associés à ces deux types de couverture terrestre ont d'importantes incidences sur la CH_{ra} par rapport aux changements touchant d'autres types de terres. À l'échelle nationale, la proportion des terres agricoles occupée par *toutes les autres terres* est restée constante, tandis que les pâturages non améliorés ont reculé de 1 p. 100 entre 1986 et 2006. La proportion croissante des terres agricoles cultivées qui est associée à une gestion plus intensive et à des valeurs comparativement faibles comme habitat faunique – particulièrement les oléagineux, les légumineuses et le soya – a aussi contribué à une baisse de la CH_{ra}.

Capacité d'habitat faunique des terres agricoles pour la reproduction et l'alimentation 2006

très élevé | élevé | | faible | très faible | non évalué

FIGURE 7-2 Capacité d'habitat faunique des terres agricoles pour la reproduction et l'alimentation des vertébrés terrestres (CH_{ra}), 2006

TABLEAU 7-1 Capacité d'habitat moyenne et pourcentage de la superficie agricole par catégorie pour la reproduction et l'alimentation des vertébrés terrestres, 1986, 1996 et 2006

	CH_m (pourcentage de la superficie agricole)			Tendance (niveau de base en 1986)		Très élevé			Élevé						Faible			Très faible		
	1986	1996	2006	10yr	20yr	1986	1996	2006	1986	1996	2006				1986	1996	2006	1986	1996	2006
BC	68,9	64,8	56,9	D*	D*	0	0	0	6	2	1	55	62	30	37	34	61	2	2	5
AB	51,4	51,3	50,3	D	D	0	0	0	0	1	0	14	12	14	57	61	60	29	26	25
SK	39,3	39,4	39,9	A	A	0	0	0	0	0	0	3	3	3	29	29	37	68	68	61
MB	45,6	44,1	46,1	D	A	0	0	0	0	0	0	10	2	14	47	52	45	43	46	41
ON	53,7	52,2	46,8	D*	D*	0	0	0	4	4	0	18	11	9	37	40	45	40	45	46
QC	73,0	70,7	66,4	D*	D*	1	2	1	22	21	16	39	32	35	26	29	34	12	17	13
NB	89,9	84,0	78,0	D	D*	12	8	3	53	45	57	34	42	33	1	4	7	0	0	0
NS	98,5	99,7	95,4	A	D	18	28	18	66	49	58	15	23	23	1	0	0	0	0	0
PE	57,6	50,0	48,3	D	D*	0	0	0	0	0	0	26	19	1	74	61	75	0	20	24
NL	91,3	98,5	75,0	D*	D*	26	19	7	33	69	10	23	11	64	15	1	19	3	0	0
CANADA	**57,0**	**56,4**	**51,9**	**D**	**D***	**0,3**	**0,4**	**0,2**	**2,5**	**2,2**	**1,5**	**12,4**	**10,3**	**11,2**	**40,0**	**42,6**	**46,5**	**44,9**	**44,5**	**40,6**

D = Diminution de la capacité d'habitat; A = Augmentation de la capacité d'habitat; * Un astérisque indique un changement important dans la capacité d'habitat (p>0,06)

TABLEAU 7-2 Pourcentage de la superficie agricole par catégorie de changement de la capacité d'habitat à intervalles de 10 et 20 ans, 1986-1996, 1996-2006 et 1986-2006

	Changement de la capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_m), 1986-2006 (pourcentage de la superficie agricole)														
	Forte hausse			Faible hausse						Faible baisse			Forte baisse		
	86-96	96-06	86-06	86-96	96-06	86-06				86-96	96-06	86-06	86-96	96-06	86-06
BC	3	4	8	10	6	3	61	48	39	17	25	13	9	17	38
AB	2	1	1	5	8	6	83	84	82	8	5	7	2	2	2
SK	<1	<1	<1	5	8	8	94	87	88	3	2	3	<1	<1	<1
MB	<1	3	3	2	9	9	90	79	82	7	7	6	1	1	<1
ON	1	8	8	2	10	4	64	60	37	25	12	29	8	11	22
QC	10	25	27	7	8	7	50	44	26	18	6	18	15	17	23
NB	7	22	16	7	11	2	29	27	15	14	16	23	42	24	44
NS	23	23	19	10	8	13	27	19	15	22	21	19	18	28	34
PE	0	5	5	0	7	5	60	47	42	30	0	3	10	40	44
NL	53	0	23	8	0	0	27	15	12	4	4	7	8	82	57
CANADA	**2**	**3**	**4**	**3**	**9**	**7**	**83**	**78**	**75**	**6**	**6**	**6**	**3**	**4**	**6**

TABLEAU 7-3 Capacité d'habitat moyenne et pourcentage de la superficie agricole par catégorie pour l'hibernation des vertébrés terrestres, 2006

	CH_m	Pourcentage de la superficie agricole dans chaque catégorie de CH_m				
	Moyenne 2006	Très élevé 2006	Élevé 2006		Faible 2006	Très faible 2006
BC	34,5	8	19	57	16	0
AB	22,8	0	5	28	55	12
SK	17,9	0	1	8	54	37
MB	22,0	1	2	19	49	29
ON	28,2	2	8	52	38	0
QC	37,0	21	35	33	11	0
NB	47,5	67	26	7	0	0
NS	50,4	82	17	1	0	0
PE	31,2	0	24	76	0	0
NL	42,1	26	62	12	0	0
CANADA	**30,5**	**2,0**	**6,0**	**22,0**	**48,0**	**22,0**

Indicateur du risque de dommages par la faune

AUTEURS
D. Thompson, J. Lemieux, L. Liggins, C. Callaghan et T. Weins

Bon nombre des espèces fauniques qu'on trouve sur les terres agricoles ont un effet bénin, voire bénéfique, sur l'agriculture. Certaines espèces peuvent néanmoins causer des pertes financières liées aux cultures, au bétail et à l'infrastructure.

Les cultures constituent une source additionnelle de nourriture à laquelle les animaux sauvages peuvent accéder durant les périodes de l'année où leurs besoins en énergie sont plus élevés que d'habitude, par exemple lorsqu'ils se préparent à hiberner ou durant la saison de reproduction. D'après les résultats d'un sondage récemment mené à l'échelle du Canada, 67 p. 100 de presque 7 000 agriculteurs ont signalé des dommages causés par la faune au cours des cinq dernières années (AAC, 2006). Les dommages les plus fréquemment déclarés étaient ceux causés par les ongulés (38 p. 100), la sauvagine (22 p. 100) et les rongeurs ou petits mammifères (21 p. 100).

Les producteurs, les gestionnaires de la faune et les organismes agricoles ont fait de grands efforts pour réduire les pertes financières attribuables aux espèces problématiques. Suivant le principe selon lequel la faune appartient à la Couronne ou au gouvernement, beaucoup de fonds publics ont été investis dans des programmes de prévention et d'indemnisation. Des programmes régionaux ou provinciaux d'indemnisation ont été mis en œuvre dans plusieurs provinces pour protéger les agriculteurs contre les dommages impossibles à prévenir.

L'indicateur du risque de dommages par la faune qui est en préparation permettra de déterminer les secteurs plus risqués et de suivre les fluctuations temporelles du risque en réponse à la modification des pratiques de gestion des terres. L'indicateur tiendra compte des facteurs qui influencent les dommages causés par la faune, dont la superficie cultivée, les conditions climatiques, le type de culture, l'emplacement du champ par rapport à l'habitat préféré des animaux et les populations fauniques. Un projet pilote utilisant les données disponibles sur les demandes d'indemnisation dans les provinces des Prairies montrait que les dommages causés par la faune variaient en fonction de la proximité des habitats clés tels que les lacs où se rassemble la sauvagine, ainsi que les aires d'hivernage des ongulés.

Le type de culture influençait l'ampleur des dommages. Les terres ensemencées en cultures fourragères et en légumineuses à grain étaient particulièrement vulnérables aux dommages causés par les ongulés. À l'autre extrême, les oléagineux et les céréales d'hiver étaient moins susceptibles de subir des dommages, car ces cultures sont moins agréables au goût ou elles arrivent plus tôt à maturité.

Le projet pilote montrait également que les conditions météorologiques durant la saison de croissance pouvaient avoir une grande influence sur l'étendue des dommages. La sauvagine et les ongulés peuvent causer plus de dommages lorsque l'humidité prolonge la période durant laquelle les récoltes sont en andains.

Les producteurs choisissent leurs cultures en fonction du prix des denrées, mais ils devraient aussi tenir compte des types de cultures dans les régions qui subissent des dommages chroniques.

RÉFÉRENCE

Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2006. Tiré de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale de Statistique Canada (http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5044&lang=en&db=IMDB&dbg=f&adm=8&dis=2)

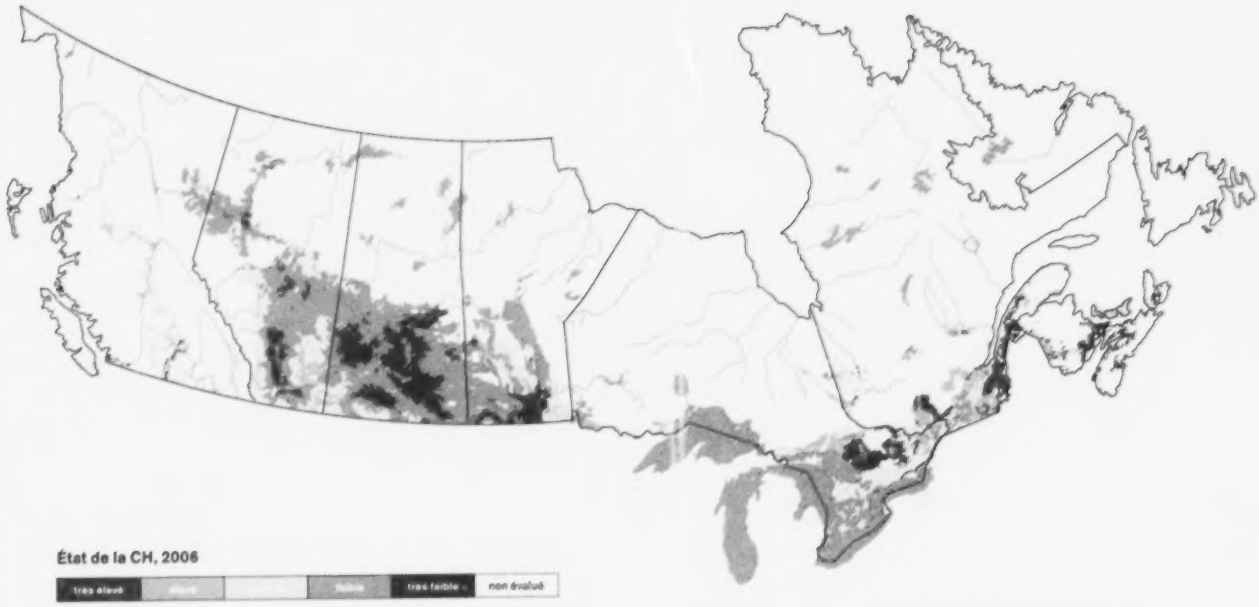


FIGURE 7-4 Capacité d'habitat faunique des terres agricoles pour l'hibernation des vertébrés terrestres (CH_h), 2006

FIGURE 7-5 Changement dans la capacité d'habitat faunique des terres agricoles pour la reproduction et l'alimentation des vertébrés terrestres (CH_{ra}), 1986–2006

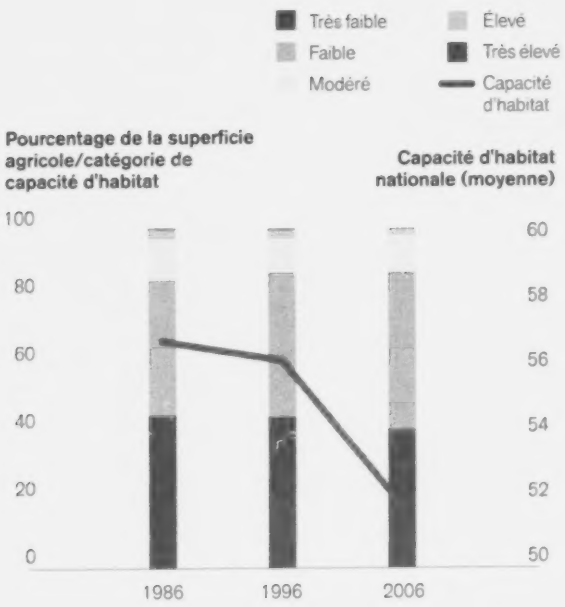


FIGURE 7-6 Pourcentage national des terres agricoles dans chaque catégorie de capacité d'habitat (barres) et capacité d'habitat moyenne (ligne), 1986, 1996 et 2006

Comme dans le cas de la CH_{ra}, *toutes les autres terres* et les pâturages non améliorés avaient la plus grande valeur d'habitat pour l'hibernation de la faune (CH_h) (figure 7-3). La plupart des terres agricoles du Canada tombaient dans la catégorie faible (48 p. 100) ou modérée (22 p. 100) de CH_h (figure 7-4, tableau 7-3). Les terres à très faible CH_h étaient regroupées dans les provinces des Prairies; les provinces de l'Atlantique, quant à elles, n'avaient aucune terre dans les catégories faible et très faible de CH_h.

À l'échelle nationale, la CH_{ra} moyenne a été généralement stable entre 1986 (57,0) et 1996 (56,4) mais elle est descendue à 51,9 en 2006 (tableau 1, figure 2). Entre 1986 et 2006, 75 p. 100 des terres agricoles ont maintenu leur CH_{ra}, 14 p. 100 ont connu une baisse substantielle de leur capacité et 11 p. 100 l'ont vu augmenter (figure 7-6; tableau 7-2).

Mesures d'intervention possibles

Par leurs activités et décisions, les agriculteurs canadiens ont une grande influence sur la capacité d'habitat faunique. Ceux qui préservent l'habitat naturel favorisent la biodiversité et procurent des avantages substantiels à la population canadienne dans son ensemble.

Conserver ou accroître la capacité d'habitat faunique des terres agricoles exige une approche systématique. Afin d'élaborer des normes de rendement pertinentes pour cet indicateur, il faut établir des seuils d'habitat et évaluer l'impact des décisions touchant l'utilisation des terres agricoles sur chaque espèce ou guilde par rapport à ces seuils. Ceci permettrait d'évaluer l'*état* de la capacité d'habitat faunique et les *tendances* connexes par rapport à l'*état désiré* ou *visé* du paysage agricole. Il vaut mieux collecter cette information au niveau local ou régional, où les planificateurs peuvent travailler avec les propriétaires des terres à fixer des buts et objectifs répondant aux besoins en habitat de différentes espèces.

La plupart des producteurs sont conscients de l'importance de conserver la faune et l'habitat faunique. Les programmes d'éducation et d'encouragement peuvent aider les producteurs à comprendre l'importance de la conservation et encourager les propriétaires à participer volontairement à la mise en œuvre de pratiques de gestion des terres qui favorisent la faune. Les pratiques de gestion bénéfiques comprennent l'élaboration et la mise en œuvre de plans d'évaluation et d'atténuation des risques pour l'environnement, la conservation des zones riveraines, l'adoption de méthodes de conservation du sol, la gestion des terrains boisés, la rotation des cultures de couverture, la conversion des *terres cultivables* marginales en couvertures permanentes et la conservation des habitats naturels qui restent.

Références

Balmford, A., Bennun, L. ten Brink, B. Cooper, D., Côte, I.M., Crane, P., Dobson, A., Dudley, N., Dutton, I., Green, R.E., Gregory, R. D., Harrison, J., Kennedy, E.T., Kremen, K., Leader-Williams, N., Lovejoy, T.E., Mace, G., May, R., Mayaux, P., Morling, P., Phillips, J., Redford, K., Ricketts, T. H., Rodriguez, J.P., Sanjayan, M., Schei, P.J., van Jaarsveld, A.S., Walther, B.A. (2005). The convention on biological diversity. *Science 307* 212-213.

Belanger, L. et Grenier, M. (2002). Agricultural intensification and forest fragmentation in the St. Lawrence Valley, Quebec, Canada. *Landscape Ecology. 17* 495-507.

Bills, N. et Gross, D. (2005). Sustaining multifunctional agricultural landscapes: Comparing stakeholder perspectives in New York (US) and England (UK). *Land Use Policy 22* 313-321.

Conseil canadien de conservation des espèces en péril. (2006). Les espèces sauvages 2005 : Situation générale des espèces au Canada. Téléchargé le 9 juin 2009 depuis http://www.especessauvages.ca

Jobin, B., Belanger, L., Boutin, C., et Maisonneuve, C. (2004). Conservation value of riparian strips in the Boyer River Watershed, Quebec, Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment 103* 413-423.

Watmough, M.D. et Schmoll, M.J. (2007). *Environment Canada's prairie and northern habitat monitoring program phase II: Recent habitat trends in the PHJV.* Edmonton (Alb.), Canada, Environnement Canada.

Santé du sol

08 Érosion du sol
09 Matière organique du sol
10 Éléments traces
11 Salinité du sol

Santé du sol

Sommaire

En agriculture, la qualité ou la santé du sol correspond à la capacité du sol à soutenir la croissance des cultures sans entraîner de dégradation du sol ou causer d'autres dommages à l'environnement. Une grave dégradation du sol peut prévenir la croissance des cultures et contribuer à la dégradation d'autres aspects de l'environnement. La qualité du sol peut être dégradée par des processus naturels tels que l'érosion, la salinisation, la perte du carbone organique du sol (COS) et l'accumulation d'éléments traces (ET) dans les sols. Chacun de ces processus est influencé par les pratiques agricoles.

L'érosion fait disparaître le sol de surface, réduit la matière organique du sol et contribue au bris de la structure du sol, ce qui peut réduire la productivité des cultures, entraîner une utilisation inefficace des intrants de culture et avoir des effets nuisibles hors ferme sur l'environnement. Il faut gérer les effets combinés de l'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol afin de maintenir la santé du sol.

Les pertes de matière organique du sol contribuent à dégrader la structure du sol, à rendre le sol plus vulnérable à l'érosion et à en réduire la fertilité, ce qui se traduit en fin de compte par une réduction des rendements et de la pérennité des sols. Le taux de changement du COS indique la santé du sol et estime la quantité de *dioxyde de carbone* (CO_2 – un gaz à effet de serre) qui est soit retirée de l'air et séquestrée sous forme de COS dans les sols agricoles, soit émise dans l'atmosphère.

La désertification est la dégradation des terres dans les régions arides, semi-arides et sub-humides sèches. Elle est le résultat, principalement, de pratiques de gestion des sols inappropriées qui contribuent à l'érosion des sols, à une réduction de la matière organique du sol, à une alternance de la salinité et aux variations climatiques.

Les petits ajouts annuels d'ET au sol peuvent faire monter les concentrations à des niveaux qui peuvent être toxiques pour les plantes, les animaux et les êtres humains.

La salinisation du sol est ce qui se produit lorsque le mouvement naturel de l'eau dans le sol entraîne l'accumulation de sels dans certaines parties du paysage. L'accumulation de sels solubles à des niveaux suffisamment élevés peut empêcher les plantes d'absorber l'eau et les éléments nutritifs et provoquer des conditions de sécheresse pour les plantes, réduisant ainsi le rendement des cultures.

Pour évaluer les risques et les tendances associés à l'effet des pratiques d'utilisation des terres sur la qualité du sol, on a élaboré quatre indicateurs agroenvironnementaux :

1. L'indicateur du risque d'érosion du sol (chapitre 8) représente le risque combiné de l'érosion par l'eau, le vent et le travail du sol, compte tenu du climat, du sol, de la topographie et des pratiques agricoles.

2. L'indicateur du taux de variation du carbone organique dans le sol (chapitre 9) suit l'évolution temporelle des niveaux de carbone organique dans les sols agricoles canadiens.

3. L'indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces (chapitre 10) prend en compte six principaux apports d'éléments traces provenant des engrais, du fumier, des *biosolides* municipaux et de l'atmosphère, et en estime la concentration dans les sols agricoles au fil du temps selon les pratiques de gestion en vigueur.

4. L'indicateur du risque de salinisation du sol (chapitre 11) estime le risque de salinisation du sol associé à l'évolution des pratiques d'utilisation et de gestion des terres dans les provinces des Prairies.

5. L'indicateur de risque de désertification (encadré, chapitre 8) est en cours d'élaboration pour évaluer les zones des Prairies qui risquent le plus d'être touchées par la désertification.

En général, les tendances en matière de santé des sols enregistrées entre 1981 et 2006 montrent une amélioration à l'échelle du Canada.

- Le risque d'érosion du sol sur les terres cultivées du Canada a connu une baisse graduelle entre 1981 et 2006. En 2006, 80 p. 100 des superficies cultivées appartenaient à la catégorie de risque très faible. L'amélioration du risque d'érosion du sol fait suite à une réduction de toutes les formes d'érosion. Cependant, le risque d'érosion par le travail du sol a reculé davantage que le risque d'érosion hydrique et éolienne.

- Par suite des améliorations apportées à la gestion agricole, le COS, qui était neutre au milieu des années 1980, accusait une tendance à la hausse sur la plupart des terres cultivées en 2006. Dans les Prairies, l'adoption de pratiques de travail réduit du sol et la réduction des jachères ont entraîné une augmentation importante du carbone durant cette période, tandis qu'en Ontario et dans les provinces plus à l'est, le COS a généralement baissé entre 1981 et 2006. Dans l'ensemble, les changements en matière de gestion ont fait passer les sols agricoles canadiens d'une source nette de 2,5 mégatonnes (Mt) d'émissions de CO_2 par an en 1981 à un puits net de 10,7 Mt de CO_2 par an en 2006.

- Le risque de contamination des sols canadiens par les ET n'a pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006. On estime que, si les pratiques en vigueur étaient maintenues pendant 100 ans, seulement 1 p. 100 des terres agricoles risqueraient de subir des effets toxiques découlant de l'accumulation d'ET. Ce pourcentage atteint néanmoins 16 p. 100 dans certaines provinces.

- Les trois provinces des Prairies affichaient un risque substantiellement réduit de salinisation. En 2006, l'indicateur de salinisation estimait à 80 p. 100 la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible.

08 Érosion du sol

AUTEURS

D.A. Lobb, S. Li et B.G. McConkey

NOM DE L'INDICATEUR

Risque d'érosion du sol intégrant les risques d'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol

PORTEE

Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

L'érosion du sol – c'est-à-dire le mouvement du sol d'un lieu vers un autre – survient sous l'effet de trois principaux phénomènes : le vent, l'eau et le travail du sol. Elle se produit naturellement sur les terres agricoles par l'action du vent et de l'eau, processus qui peuvent être accélérés par certaines activités agricoles (p. ex., les jachères ou les cultures en rang). Elle est aussi provoquée directement par le travail du sol, qui entraîne un mouvement progressif du sol depuis le sommet jusqu'au bas des pentes.

L'érosion du sol constitue une menace importante à la pérennité de l'agriculture au Canada. Elle entraîne le sol de surface, réduit la matière organique du sol et contribue au bris de la structure du sol, ce qui nuit à la fertilité du sol, cause la pénétration de l'eau dans le sol et son écoulement de la surface du sol et finit par affecter les rendements et la rentabilité des cultures. Les rendements des cultures sur des sols fortement érodés peuvent être de beaucoup inférieurs à ceux des cultures sur des sols non érodés dans un même champ. L'érosion peut aussi avoir d'importants effets négatifs sur l'environnement « hors site » à cause du transport physique et du dépôt de particules de sol dans d'autres lieux et de la libération, par érosion des éléments nutritifs, de pesticides, d'agents pathogènes et de toxines. Pour préserver la santé du sol, il faut gérer les effets combinés de l'érosion attribuable au vent, à l'eau et au travail du sol.

L'indicateur du risque d'érosion du sol (IRES) mesure le risque combiné de l'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol compte tenu du climat, du sol, de la topographie et des pratiques agricoles. On a calculé l'IRES pour chaque polygone des Pedo-paysages du Canada (PPC) en additionnant les taux d'érosion attribuables au vent, à l'eau et au travail du sol.

La perte de sol découlant de l'effet combiné du vent, de l'eau et du travail du sol a ralenti dans la plupart des provinces entre 1981 et 2006. Durant cette période, la proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible est passée de 47 p. 100 à 80 p. 100. Ce changement est dû en grande partie à une réduction de l'érosion par le travail du sol dans les provinces des Prairies. En 2006, 9 p. 100 des terres cultivées restaient dans les catégories de risque modéré à très élevé, reflétant les degrés élevés d'érosion hydrique en Ontario et dans les provinces de l'Atlantique.

L'enjeu

L'érosion du sol par l'eau pose une sérieuse menace à la pérennité de l'agriculture au Canada si les pratiques de gestion ne comprennent pas la prise en compte du contrôle de l'érosion. La perte de sol découlant des pratiques de gestion actuelles et antérieures est une des principales causes de la faible productivité des cultures et de l'utilisation inefficace des intrants. L'érosion du sol survient sous l'effet de trois principaux phénomènes : le vent, l'eau et le travail du sol. L'effet combiné de ces trois facteurs pose une menace plus grave que chaque mécanisme d'érosion pris individuellement.

EROSION HYDRIQUE

La pluie et le ruissellement sont les éléments moteurs derrière l'érosion hydrique. Outre la dégradation causée par la perte du sol de surface, le sol érodé est entraîné avec les eaux de ruissellement vers les drains agricoles, les fossés et d'autres voies d'eau, où les particules de sol en suspension augmentent la turbidité (opacité) de l'eau, contribuent à l'accumulation de sédiments dans les voies d'eau et les réservoirs, et introduisent des éléments nutritifs et des pesticides dans l'eau avec le sol érodé.

EROSION EOLIENNE

L'érosion éolienne suscite des préoccupations dans de nombreuses régions du Canada, depuis les sols sablonneux le long du Fraser en Colombie-Britannique jusqu'aux régions côtières des provinces de l'Atlantique. C'est néanmoins dans les provinces des Prairies que le risque d'érosion éolienne est le plus élevé. Cette situation est attribuable au climat sec de la région et aux vastes étendues de terres cultivées peu protégées du vent.

08 Érosion du sol

AUTEURS
D.A. Lobb, S. Li et B.G. McConkey

NOM DE L'INDICATEUR
Risque d'érosion du sol (intégrant les risques d'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol)

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

L'érosion du sol – c'est-à-dire le mouvement du sol d'un lieu vers un autre – survient sous l'effet de trois principaux phénomènes : le vent, l'eau et le travail du sol. Elle se produit naturellement sur les terres agricoles par l'action du vent et de l'eau, processus qui peuvent être accélérés par certaines activités agricoles (p. ex., les jachères ou les cultures en rang). Elle est aussi provoquée directement par le travail du sol, qui entraîne un mouvement progressif du sol depuis le sommet jusqu'au bas des pentes.

L'érosion du sol constitue une menace importante à la pérennité de l'agriculture au Canada. Elle entraîne le sol de surface, réduit la matière organique du sol et contribue au bris de la structure du sol, ce qui nuit à la fertilité du sol, cause la pénétration de l'eau dans le sol et son écoulement de la surface du sol et finit par affecter les rendements et la rentabilité des cultures. Les rendements des cultures sur des sols fortement érodés peuvent être de beaucoup inférieurs à ceux des cultures sur des sols non érodés dans un même champ. L'érosion peut aussi avoir d'importants effets négatifs sur l'environnement « hors site » à cause du transport physique et du dépôt de particules de sol dans d'autres lieux et de la libération, par érosion des éléments nutritifs, de pesticides, d'agents pathogènes et de toxines. Pour préserver la santé du sol, il faut gérer les effets combinés de l'érosion attribuable au vent, à l'eau et au travail du sol.

L'indicateur du risque d'érosion du sol (IRES) mesure le risque combiné de l'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol compte tenu du climat, du sol, de la topographie et des pratiques agricoles. On a calculé l'IRES pour chaque polygone des Pédo-paysages du Canada (PPC) en additionnant les taux d'érosion attribuables au vent, à l'eau et au travail du sol.

La perte de sol découlant de l'effet combiné du vent, de l'eau et du travail du sol a ralenti dans la plupart des provinces entre 1981 et 2006. Durant cette période, la proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible est passée de 47 p. 100 à 80 p. 100. Ce changement est dû en grande partie à une réduction de l'érosion par le travail du sol dans les provinces des Prairies. En 2006, 9 p. 100 des terres cultivées restaient dans les catégories de risque modéré à très élevé, reflétant les degrés élevés d'érosion hydrique en Ontario et dans les provinces de l'Atlantique.

L'enjeu

L'érosion du sol par l'eau pose une sérieuse menace à la pérennité de l'agriculture au Canada si les pratiques de gestion ne comprennent pas la prise en compte du contrôle de l'érosion. La perte de sol découlant des pratiques de gestion actuelles et antérieures est une des principales causes de la faible productivité des cultures et de l'utilisation inefficace des intrants. L'érosion du sol survient sous l'effet de trois principaux phénomènes : le vent, l'eau et le travail du sol. L'effet combiné de ces trois facteurs pose une menace plus grave que chaque mécanisme d'érosion pris individuellement.

ÉROSION HYDRIQUE

La pluie et le ruissellement sont les éléments moteurs derrière l'érosion hydrique. Outre la dégradation causée par la perte du sol de surface, le sol érodé est entraîné avec les eaux de ruissellement vers les drains agricoles, les fossés et d'autres voies d'eau, où les particules de sol en suspension augmentent la turbidité (opacité) de l'eau, contribuent à l'accumulation de sédiments dans les voies d'eau et les réservoirs, et introduisent des éléments nutritifs et des pesticides dans l'eau avec le sol érodé.

ÉROSION ÉOLIENNE

L'érosion éolienne suscite des préoccupations dans de nombreuses régions du Canada, depuis les sols sablonneux le long du Fraser en Colombie-Britannique jusqu'aux régions côtières des provinces de l'Atlantique. C'est néanmoins dans les provinces des Prairies que le risque d'érosion éolienne est le plus élevé. Cette situation est attribuable au climat sec de la région et aux vastes étendues de terres cultivées peu protégées du vent.

ÉROSION PAR LE TRAVAIL DU SOL

De nombreux instruments aratoires déplacent le sol et, sur les pentes, ce déplacement est accentué par la gravité, ce qui entraîne le déplacement d'une plus grande quantité de sol en cas de mouvement descendant plutôt qu'ascendant. Même lorsque les terres sont labourées en travers de la pente, une plus grande quantité sera plutôt entraînée vers le bas que vers le haut. Le mouvement progressif du sol vers le bas des collines, ainsi que son accumulation à leur base, est ce qu'on appelle l'érosion attribuable au travail du sol. On trouve des preuves de l'érosion par le travail du sol sur les terrains accidentés de tout le Canada. Cette forme d'érosion est plus grave lorsque les terres présentent de courtes pentes escarpées et dans les régions où sont employées des méthodes intensives de culture et de labours. Quoique distincte, l'érosion par le travail du sol influe sur l'érosion éolienne et hydrique en exposant le sous-sol, qui est souvent plus sensible à ces mécanismes d'érosion, et en entraînant le sol vers des parties du paysage où l'érosion hydrique est plus intense. En conséquence, l'érosion par le travail du sol contribue également aux effets environnementaux hors site de l'érosion éolienne et hydrique.

Il est difficile de réduire toutes les formes d'érosion du sol, car certaines pratiques aident à ralentir la perte de sol attribuable à une ou plusieurs formes d'érosion, tandis que d'autres pratiques limitent une forme d'érosion tout en stimulant une autre forme. Les méthodes de travail du sol qui permettent de réduire efficacement l'érosion éolienne et hydrique ne sont pas nécessairement efficaces contre l'érosion par le travail du sol. Par exemple, le chisel laisse plus de résidus de végétaux à la surface du sol que la *charrue à socs*, ce qui assure une plus grande protection contre l'érosion éolienne et hydrique. Cependant, le chisel peut déplacer le sol sur une plus grande distance et provoquer une plus forte érosion attribuable au travail du sol. Les brise-vent et les terrasses de diversion de l'eau réduisent l'érosion éolienne et hydrique, mais l'établissement de limites ou la création d'obstacles dans un paysage peut entraîner des pertes plus généralisées associées à l'érosion par le travail du sol. Les semis direct à forte perturbation du sol utilisés dans certains systèmes de culture sans labour peuvent causer le même degré d'érosion par travail du sol que la charrue à socs parce qu'ils déplacent le sol sur de longues distances et avec une grande variabilité. De toute évidence, les pratiques de gestion visant à réduire l'érosion du sol demandent des approches intégrées qui ciblent les effets combinés de la perte de sol attribuable à toutes les formes d'érosion.

l'indicateur

L'IRES mesure le risque d'érosion du sol attribuable aux effets combinés de l'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol sur les terres agricoles cultivées. Calculé à l'échelle du polygone des Pédo-paysages du Canada (PPC), cet indicateur

La désertification

AUTEURS
L. Townley-Smith et M. Black

La désertification est la dégradation des terres dans des zones arides, semi-arides et subhumides sèches. C'est principalement le résultat de pratiques inappropriées de gestion des sols, ce qui contribue à l'érosion du sol, à la réduction de la matière organique du sol et de la salinité fluctuante du sol. Alors que la dégradation des terres est une préoccupation dans l'ensemble du Canada, c'est dans les provinces des Prairies, là où la majeure partie des cultures agricoles annuelles est effectuée dans un environnement semi-aride, qu'une gestion inadéquate des sols accroît le risque de désertification. Comme cela s'est produit dans les Prairies durant la Grande dépression, la sécheresse peut accroître ce risque en créant des conditions où un ensemble de pratiques de gestion des sols ne suffisent plus à prévenir la désertification. À titre de signataire de la Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification, le Canada est tenu de s'assurer que les enjeux liés à la désertification sont intégrés dans les plans et les politiques de développement durable nationaux.

Dans le cadre du Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA), deux approches complémentaires sont actuellement intégrées dans le but de développer des indicateurs de désertification qui fourniront des renseignements aux décideurs. La première approche combinera les indicateurs de la qualité du sol établis par le PNARSA (qui initialement mettaient l'accent sur l'érosion des sols) et évaluera les conséquences de l'érosion sur le rendement de culture afin de délimiter les zones les plus sensibles aux contraintes de la désertification. La seconde approche consistera à incorporer la télédétection afin d'estimer, au fil du temps, la productivité des plantes, à grande échelle et à long terme, en relation avec la variabilité du temps. Ces deux approches réunies fourniront de l'information sur le risque de désertification qui permettra aux décisionnaires d'atténuer ce risque grâce à l'adoption de pratiques de gestion, de politiques ou de programmes améliorés.

Une mesure de la tolérance (T) à l'érosion du sol a été établie dans le but d'estimer la proportion d'érosion qu'un sol peut tolérer en restant productif indéfiniment. D'après les résultats préliminaires des indicateurs comparant le niveau de T avec les niveaux d'érosion prévus par les indicateurs d'érosion du PNARSA, les taux moyens d'érosion du sol se situaient généralement sous le niveau de tolérance du sol. Cela signifie que dans les conditions qui existaient en 2006, le risque de désertification attribuable à l'érosion était faible. Il est nécessaire de développer et d'améliorer davantage l'indicateur de désertification pour être en mesure de fournir une analyse plus concluante.

L'indicateur du risque d'érosion du sol (IRES) évalue le risque d'érosion du sol découlant des effets cumulatifs ou combinés de l'érosion attribuable au vent, à l'eau et au travail du sol sur les terres agricoles cultivées. Calculées séparément à l'aide de modèles à fondement scientifique, les estimations du risque d'érosion associé au vent, à l'eau et au travail du sol sont combinées pour obtenir l'IRES global.

NOM DE L'INDICATEUR COMPOSANT
Indicateur du risque d'érosion hydrique

AUTEURS
B.G. McConkey, S. Li, J. M.W. Black et D.A. Lobb

Le taux d'érosion hydrique a été estimé à l'aide d'un modèle combinant les caractéristiques de l'Équation universelle des pertes de sol (USLE) et de l'Équation universelle révisée des pertes de sol (RUSLE2). Ce modèle prend en compte la pluviosité et le ruissellement, le type de culture, la superficie et l'*érodabilité*. Le facteur de pluviosité et de ruissellement a été calculé à l'aide des données de pluviomètre des stations climatiques d'un bout à l'autre du pays. Le facteur gestion est influencé par la culture précédente dans la rotation. Pour une culture donnée au cours de l'année analysée, le facteur gestion était basé sur la probabilité de cultures particulières cultivées dans la séquence de rotation. L'érodabilité inhérente de chaque sol ainsi que le gradient (inclinaison) et la longueur des pentes ont été déterminés.

NOM DE L'INDICATEUR COMPOSANT
Indicateur du risque d'érosion éolienne

AUTEURS
B.G. McConkey, J. M.W. Black, S. Li

En se fondant sur la prévalence potentielle de l'érosion éolienne, on a estimé le taux de perte de sol par érosion éolienne pour les régions agricoles du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta, ainsi que pour la région de la rivière de la Paix en Colombie-Britannique. Le taux de perte de sol par érosion éolienne est estimé à l'aide de l'équation d'érosion éolienne. Le modèle utilise un facteur climatique fondé sur la vitesse du vent et la pluviosité, des facteurs pédologiques liés à la *texture du sol* et au relief, ainsi qu'un facteur de végétation fondé sur la quantité de résidus végétaux. Le risque d'érosion éolienne a été calculé pour la période d'avril à mai suivant l'ensemencement lorsque les quantités de résidus sont à leur plus faible et que la vitesse du vent est élevée. Les estimations des quantités de résidus pour différentes cultures sous différents régimes de travail du sol ont été tirées des résultats des enquêtes de l'Administration du rétablissement agricole des Prairies sur les quantités de résidus des cultures en Saskatchewan et appliquées à l'échelle des Prairies.

NOM DE L'INDICATEUR COMPOSANT
Indicateur du risque d'érosion attribuable au travail du sol

AUTEURS
D.A. Lobb, S. Li

On calcule le taux de perte de sol attribuable à l'érosion par le travail du sol en multipliant l'*érosivité* de la méthode de travail employée par l'érodabilité du sol. Les paysages accidentés, avec des pentes courtes et escarpées sont fortement érodables. Un travail fréquent du sol qui déplace de grandes quantités de sol dans le paysage est très érosif. Les valeurs de l'érosivité sont attribuées en fonction du caractère des opérations de labour représentant chaque catégorie de système de labour et de culture dans les différents agroécosystèmes du Canada et en fonction de données expérimentales. Les valeurs d'érodabilité du relief sont calculées pour chaque relief en fonction du gradient de la pente moyenne (qui détermine la perte totale de sol d'un relief), de la longueur de la pente supérieure (qui détermine la surface d'où le sol est arraché) et de la longueur totale de la pente (qui détermine la densité des pentes dans une région donnée).

et les indicateurs composants du risque d'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol reflètent les caractéristiques climatiques, pédologiques et topographiques et suivent l'évolution des pratiques agricoles sur la période de 25 ans allant de 1981 à 2006.

Le risque d'érosion du sol a été calculé à l'aide des données sur le relief et des données topographiques connexes tirées de la Base nationale des données sur les sols. Chaque polygone des PPC est caractérisé par un ou plusieurs reliefs représentatifs; chaque relief, par des segments de pente (partie supérieure, médiane et inférieure et dépressions); chaque segment de pente, par un gradient et une longueur.

Le risque d'érosion du sol par le vent, l'eau et le travail du sol a été calculé en termes de perte de sol pour tous les segments d'un relief. Cependant, les pertes attribuables à l'érosion par le vent et le travail du sol sont plus grandes sur les pentes supérieures, tandis que les pertes par érosion hydrique sont plus grandes sur les pentes moyennes. L'IRES correspond au taux cumulatif de perte de sol pour le segment de pente affichant le taux de perte le plus élevé – car c'est ce segment qui détermine en grande partie les changements apportés aux pratiques de gestion. À des fins d'analyse et de rapport, les taux d'érosion ont été résumés pour toutes les catégories à l'échelle du polygone des PPC, de la province, de la région et du pays.

L'indicateur du risque d'érosion estime le taux de perte du sol. Les valeurs obtenues se divisent en cinq catégories : très faible (moins de 6 t ha^{-1} an^{-1}, c'est-à-dire moins de 6 tonnes par hectare par an), faible (6 t ha^{-1} an^{-1} à 11 t ha^{-1} an^{-1}),

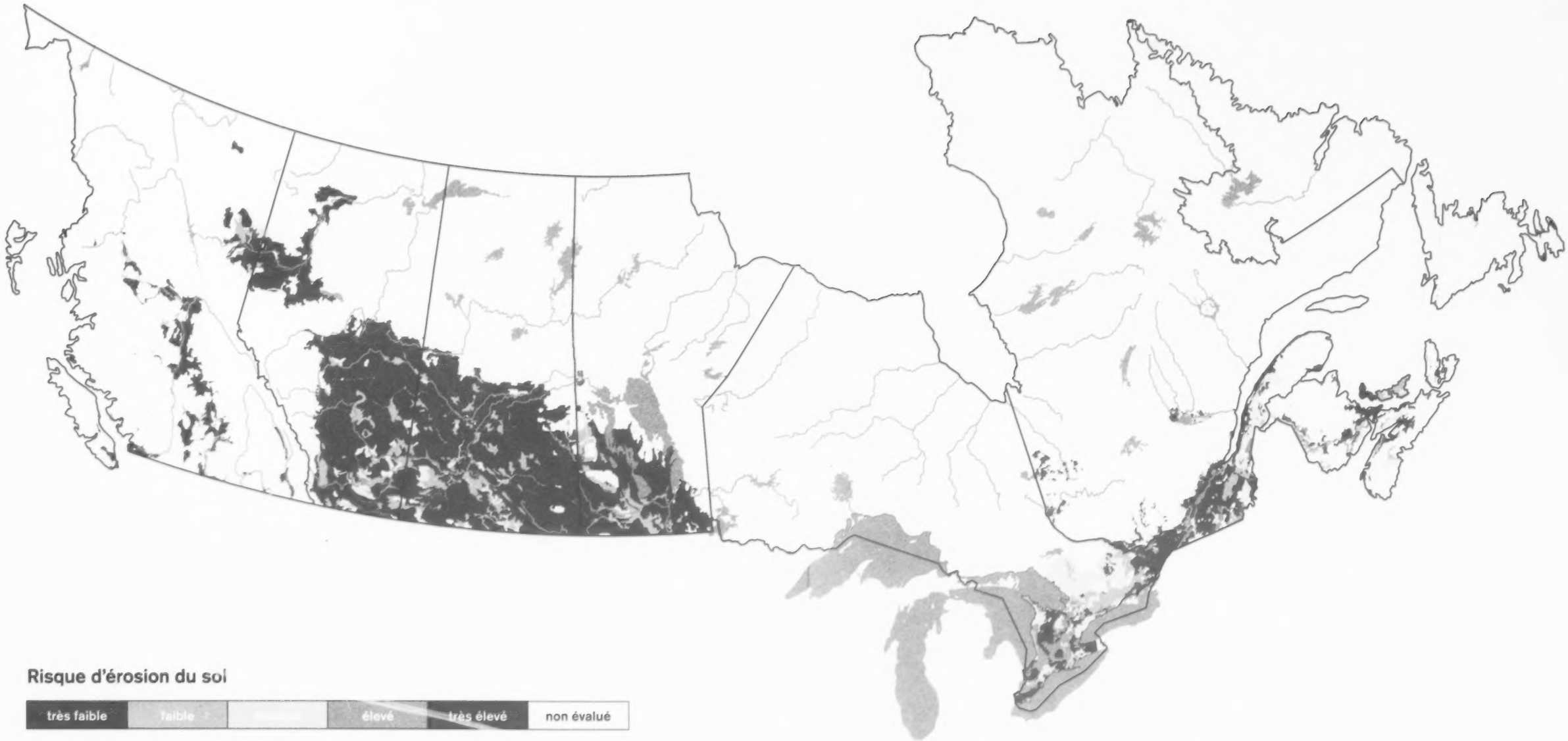


FIGURE 8-1 Risque d'érosion du sol des terres cultivées du Canada selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

TABLEAU 8-1 Pourcentage des terres cultivées du Canada dans les différentes catégories de risque d'érosion du sol

	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	01	06							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	76	77	82	83	85	88	14	12	9	10	10	9	10	10	9	7	5	3	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	<1	<1	0	0	<1
AB	61	62	63	67	81	87	20	20	21	19	10	7	13	14	11	11	7	4	4	3	3	1	<1	<1	1	1	1	1	<1	<1
SK	40	45	48	55	64	87	26	26	30	34	28	9	27	23	18	9	7	3	5	5	4	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0
MB	52	52	63	63	71	79	35	35	33	32	24	18	12	12	4	5	4	3	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	0	0	0	0
ON	18	18	18	23	28	29	16	19	20	18	13	15	20	18	17	16	17	16	13	13	9	17	17	24	33	32	36	26	25	17
QC	71	73	74	73	69	72	15	14	14	15	17	15	5	8	8	9	7	10	6	4	3	2	7	2	3	1	<1	1	1	1
NB	40	39	37	37	39	39	25	29	26	30	27	24	20	20	21	21	18	23	7	5	6	4	7	5	8	8	9	9	9	8
NS	36	43	65	66	64	67	44	43	26	27	29	26	13	13	7	4	4	5	5	1	2	3	1	2	1	<1	<1	<1	2	<1
PE	18	19	19	20	19	25	71	70	71	70	72	66	0	0	0	4	6	10	10	11	9	6	4	0	0	0	0	0	0	0
NL	46	48	39	48	40	40	8	23	29	22	31	26	28	6	14	18	15	8	7	22	17	11	12	15	12	1	<1	1	1	11
CANADA	**47**	**50**	**53**	**57**	**66**	**80**	**25**	**24**	**26**	**28**	**21**	**11**	**20**	**18**	**14**	**10**	**8**	**5**	**5**	**4**	**4**	**3**	**2**	**2**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**

TABLEAU 8-2 Pourcentage des terres cultivées du Canada dans les différentes catégories de risque d'érosion hydrique classes

	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	90	90	91	93	94	94	3	3	3	6	2	6	6	7	6	1	4	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	<1	<1	0	0	<1
AB	95	95	95	95	98	98	4	4	3	3	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1	1	1	1	<1	<1
SK	96	95	96	97	97	98	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	<1	0	<1	0	0	0
MB	98	99	99	99	99	99	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0
ON	21	21	21	26	31	32	17	19	19	16	11	12	17	15	15	15	16	15	13	14	9	18	17	24	32	31	35	25	25	17
QC	72	75	75	74	70	74	14	13	13	14	15	13	6	8	8	9	7	10	6	3	3	2	7	2	3	1	<1	1	1	1
NB	43	41	41	44	43	43	27	32	30	30	30	28	18	15	14	20	12	23	10	10	12	4	13	6	2	1	3	2	2	<1
NS	52	53	73	74	71	72	29	33	18	19	21	20	13	13	7	4	5	5	5	2	2	3	1	2	<1	<1	<1	<1	2	<1
PE	67	68	77	76	78	90	23	22	14	13	13	<1	0	0	0	4	6	10	10	10	10	7	4	0	0	0	0	0	0	0
NL	68	71	69	74	66	65	1	11	13	4	15	11	19	15	16	20	17	15	11	2	2	1	<1	0	1	<1	<1	<1	<1	10
CANADA	**87**	**88**	**89**	**89**	**90**	**90**	**5**	**5**	**4**	**4**	**3**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**2**	**1**	**2**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**

TABLEAU 8-3 Pourcentage des terres cultivées du Canada dans les différentes catégories de risque d'érosion éolienne

	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	100	100	100	100	100	100	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AB	85	85	89	93	96	97	11	9	7	3	3	2	3	4	3	3	1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	<1	0	0	0	0
SK	85	86	88	92	95	98	12	11	10	6	4	1	3	2	2	1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	<1	<1	<1	0	0	0
MB	82	83	87	87	88	90	15	13	11	11	10	9	3	4	2	2	2	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
CANADA	**85**	**86**	**88**	**92**	**94**	**97**	**12**	**11**	**9**	**6**	**4**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**	**1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**0**	**0**	**<1**	**<1**	**<1**	**0**	**0**	**0**

TABLEAU 8-4 Pourcentage des terres cultivées du Canada dans les différentes catégories de risque d'érosion attribuable au travail du sol

	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	90	91	91	92	96	95	7	7	7	7	3	3	3	3	2	2	<1	1	<1	0	0	0	<1	0	0	0	0	0	0	0
AB	87	87	87	88	92	95	7	7	7	7	6	5	6	6	6	5	2	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK	72	72	72	75	91	97	24	23	23	21	8	3	4	5	5	3	1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB	92	91	92	92	94	98	8	8	8	8	5	2	<1	<1	<1	<1	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ON	51	54	58	73	85	88	38	35	32	19	7	5	5	6	7	7	7	7	7	5	4	1	<1	<1	0	0	0	0	0	0
QC	97	97	97	97	98	98	3	3	3	3	3	2	<1	<1	<1	0	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	77	78	77	78	77	78	5	3	6	7	7	7	11	13	10	9	9	9	2	<1	1	<1	1	<1	5	5	6	6	7	6
NS	93	94	94	94	95	99	7	6	6	6	5	<1	<1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PE	34	35	34	35	33	41	66	65	66	65	67	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NL	73	71	65	73	78	66	4	15	17	16	10	14	15	14	17	11	4	19	8	<1	1	<1	7	0	0	0	0	0	<1	<1
CANADA	**78**	**78**	**78**	**81**	**91**	**95**	**17**	**17**	**17**	**15**	**7**	**4**	**4**	**5**	**4**	**4**	**2**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**	**<1**

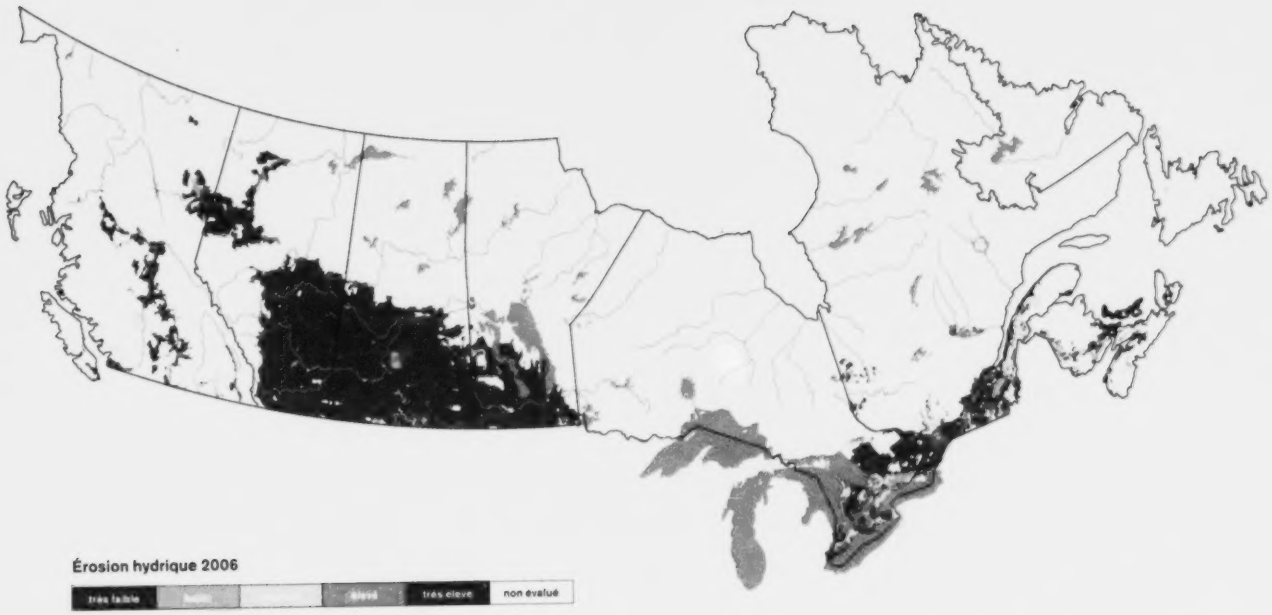


FIGURE 8-2 Risque d'érosion hydrique des terres cultivées du Canada selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

modéré (11 t ha^{-1} an^{-1} à 22 t ha^{-1} an^{-1}), élevé (22 t ha^{-1} an^{-1} à 33 t ha^{-1} an^{-1}) et très élevé (plus de 33 t ha^{1} an^{-1}). Les régions appartenant à la catégorie de risque très faible sont jugées aptes à soutenir la production végétale à long terme et, dans les conditions actuelles, à préserver la santé agroenvironnementale. Les quatre autres catégories correspondent à des conditions non propices à la pérennité, qui commandent l'application de méthodes de conservation des sols pour soutenir la production végétale à long terme et réduire le risque pour la qualité de l'eau.

Limites

Interprétés à l'échelle provinciale et nationale et sur les six années de recensement, les indicateurs d'érosion du sol sont censés permettre d'identifier les tendances spatiales et temporelles de façon raisonnablement exacte. Ils sont toutefois assujettis à des limites qui en affectent l'exactitude. Ces limites comprennent ce qui suit :

- Dans la Banque de données nationales sur les sols, les reliefs sont représentés par de simples pentes à deux dimensions. À proprement parler, les données sur le relief ne reflètent ni la variété et la complexité topographiques qui existent dans les vrais paysages, ni l'effet des clôtures, des limites forestières, des routes, des fossés et des voies de drainage sur la pente. Pour de nombreux reliefs, ces données surestiment la perte de sol par érosion hydrique et sous-estiment la perte de sol par érosion attribuable au travail du sol.

- L'IRES représente la position de pente à laquelle correspond la plus grande perte de sol, les segments de pente supérieure ou moyenne d'un paysage. Les valeurs sont les moyennes pour les segments de pente des reliefs représentatifs; ainsi, des parties données du paysage peuvent courir un risque plus grand que ne l'indique l'évaluation de la catégorie de risque.

- L'IRES est simplement la somme des pertes de sol attribuables à l'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol; il ne tient pas compte des interactions entre les différents processus d'érosion qui surviennent au fil du temps.

- Les indicateurs d'érosion éolienne et hydrique ignorent certaines pratiques de contrôle de l'érosion (*voies d'eau gazonnées*, culture en bandes, *aménagement de terrasses, culture en courbes de niveau*, couvre-sol d'hiver, brise-vent).

- L'indicateur du risque d'érosion hydrique ne tient pas compte de l'érosion en ravins qui résulte de la concentration du ruissellement. Le risque d'érosion hydrique devrait aussi être considéré comme moins exact pour les lieux sensibles à l'érosion en période de gel. En particulier, le risque d'érosion attribuable à la pluie tombant sur une couche de sol dégelée recouvrant une couche gelée est probablement sous-estimé.

- L'indicateur du risque d'érosion attribuable au travail du sol ne prend pas en compte le rabotage ou le scalpage causé par l'équipement de travail du sol.

- L'érosion éolienne des sols sableux et tourbeux exposés peut être considérable durant certaines années à l'extérieur des provinces des Prairies, mais ces situations n'ont pas été envisagées.

Résultats et interprétation

Le risque d'érosion du sol sur les terres cultivées canadiennes a connu une baisse constante entre 1981 et 2006. La majeure partie de ce changement est survenue entre 1996 et 2006. En 2006, 80 p. 100 de la superficie cultivée se classait dans la catégorie de risque très faible. Ceci représente une amélioration considérable par rapport à 1981, année où seulement 47 p. 100 des terres se classaient dans cette catégorie de risque. La superficie cultivée dans chacune des catégories de risque plus élevé a diminué d'environ la moitié durant cette période, atteignant un

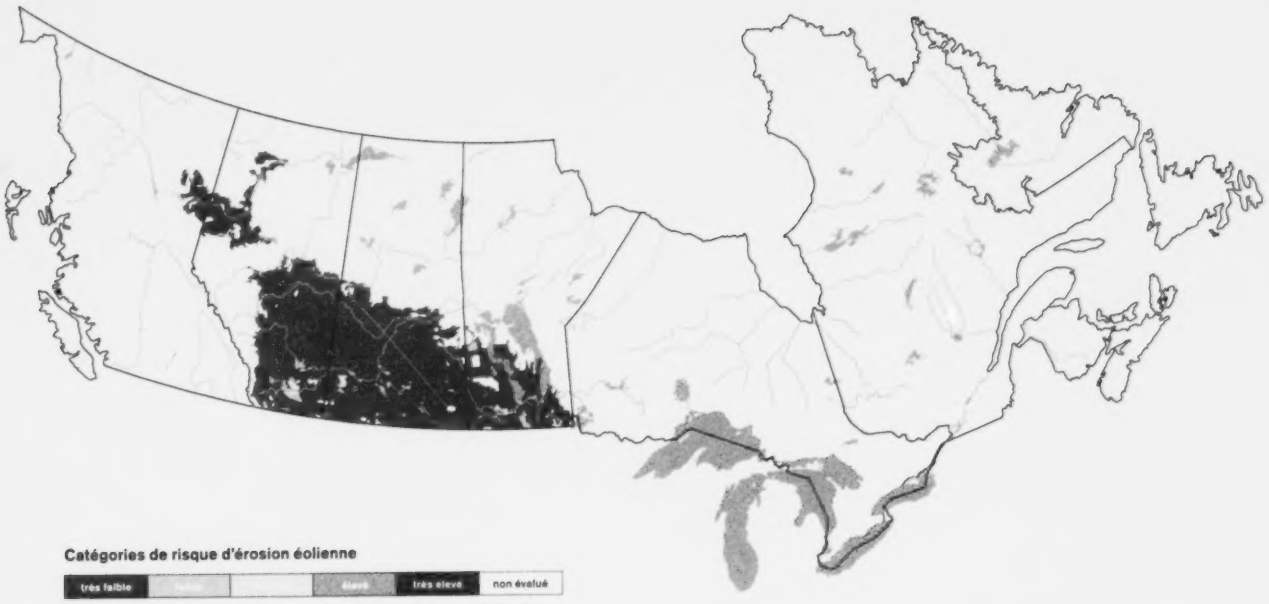


FIGURE 8-3 Risque d'érosion éolienne des terres cultivées des Prairies selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

total cumulatif de 20 p. 100 en 2006. Les résultats de l'indicateur intégré du risque d'érosion (figure 8-1) donnent une image moins favorable que les résultats des indicateurs composants pour l'érosion attribuable à l'eau, au vent et au travail du sol (figures 8-2, 8-3, 8-4), mais plus représentative du risque réel de dégradation du sol par l'érosion.

L'amélioration du risque d'érosion du sol correspond à une réduction de toutes les formes d'érosion du sol. La réduction du risque d'érosion attribuable au travail du sol dépassait toutefois celle du risque d'érosion éolienne et hydrique (augmentation de 17 p. 100 dans la catégorie de risque très faible, comparativement à 12 p. 100 pour l'érosion éolienne et 3 p. 100 pour l'érosion hydrique) (tableaux 8-1, 8-2, 8-3, 8-4).

Le recul de toutes les formes d'érosion au Canada est largement attribuable à l'adoption généralisée de méthodes de conservation, en particulier les méthodes sans travail du sol. Les changements dans la proportion et la combinaison de cultures ont apporté une contribution moins importante. Les cultures souvent associées à un travail du sol plus intensif (ce qui les rend plus érosives), comme le maïs, la pomme de terre et les haricots, ont été implantées sur une plus grande proportion des terres, qui est passée de 6 p. 100 en 1981 à 13 p. 100 en 2006. Cette tendance à la hausse a été neutralisée par une baisse des jachères, qui sont passées de 24 p. 100 en 1981 à 9 p. 100 en 2006, et par une augmentation des surfaces sous cultures laissant beaucoup de résidus et nécessitant très peu de labours, comme la luzerne et le foin, qui sont passées de 14 p. 100 en 1981 à 21 p. 100 en 2006. Malgré la réduction de l'intensité des labours constatée pour la plupart des cultures, l'adoption de méthodes sans travail du sol dans les plantations de céréales a eu le plus grand effet sur l'érosion du sol, étant donné la forte proportion de terres agricoles consacrées aux céréales.

Des systèmes culturaux de tout le Canada, le plus grand risque d'érosion du sol réside dans la production de pommes de terre et de betteraves à sucre, où le travail du sol est très intensif et où il est difficile d'en réduire l'intensité en adoptant des pratiques de conservation du sol. Les cultures qui présentent le plus grand risque d'érosion sont le maïs et le soya obtenus en régime de travail classique du sol; il est toutefois possible de réduire le risque d'érosion en adoptant des pratiques de conservation du sol. Des pédo-paysages de tout le Canada, le plus grand risque d'érosion du sol est enregistré sur les terrains en pente maximale de 10 p. 100 ou plus, particulièrement dans l'Est du Canada où le risque inhérent d'érosion hydrique est élevé en raison du climat. Les systèmes culturaux les plus préoccupants sont ceux qui présentent un risque élevé d'érosion et qui sont pratiqués dans des pédo-paysages à risque élevé d'érosion. C'est notamment le cas d'une grande partie des terres cultivées du Sud de l'Ontario et de la région de l'Atlantique. Chaque province comprend néanmoins des régions où les risques d'érosion du sol menacent la pérennité de l'agriculture.

Mesures d'intervention possibles

Il faut adopter une approche intégrée afin de ramener les effets combinés des différentes formes d'érosion à des niveaux tolérables. Ceci est essentiel pour maintenir la santé des sols. Pour réduire l'érosion du sol, les agriculteurs peuvent adopter différentes pratiques selon le type de production agricole, le climat et les caractéristiques du terrain, dont la texture du sol et l'inclinaison (terrain plat ou en pente). En général, toutes les formes d'érosion du sol peuvent être atténuées par l'adoption de méthodes

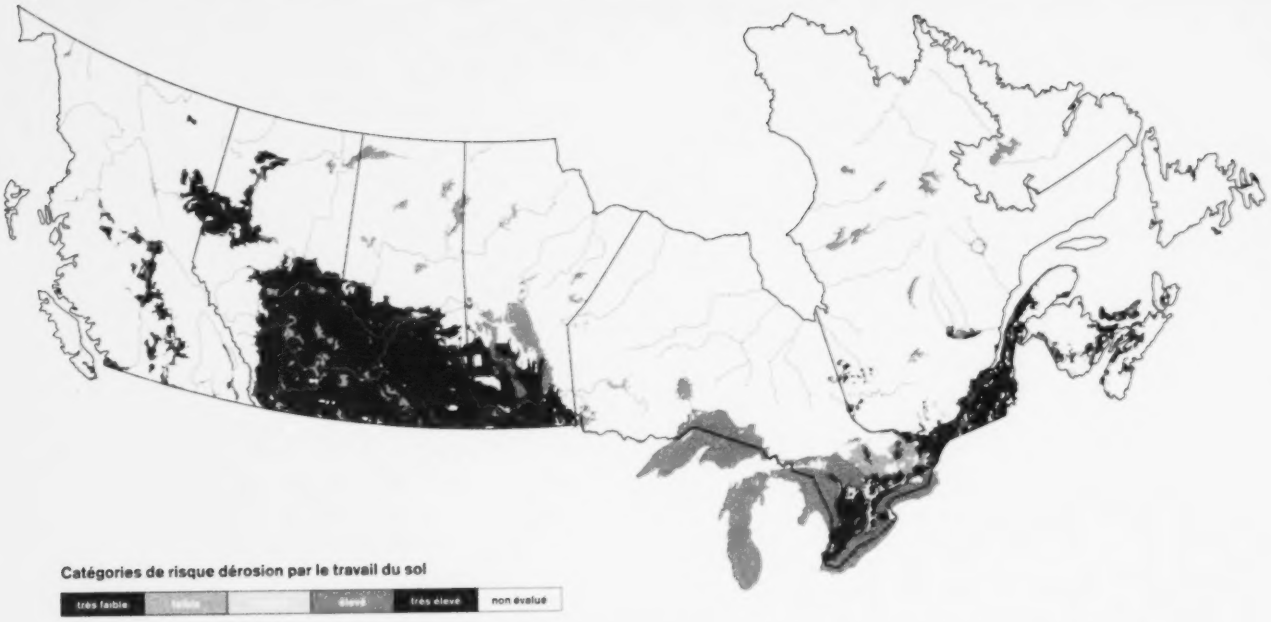


FIGURE 8-4 Risque d'érosion par le travail du sol des terres cultivées du Canada selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

moins intensives de travail du sol, qui réduisent la quantité de sol déplacé et l'étendue du déplacement et donc l'érosion par le travail du sol. Ces méthodes aident aussi à réduire le degré d'incorporation des résidus de culture, offrant ainsi une protection efficace contre les forces érosives éoliennes et hydriques.

Les méthodes de travail du sol varient dans leur efficacité à réduire l'érosion éolienne, hydrique et par le travail du sol. C'est pourquoi les pratiques doivent être adaptées aux caractéristiques du paysage. Une façon efficace de réduire toutes les formes d'érosion est de diminuer l'intensité du travail du sol sur les terrains accidentés, particulièrement ceux qui comportent de courtes pentes raides. Sur les terres cultivées plates, l'érosion attribuable au travail du sol est moins étendue, tandis que la texture et la structure du sol prennent une importance accrue. Ce genre de paysage favorise les méthodes de travail du sol qui maintiennent des résidus de culture en guise de protection contre l'érosion éolienne et hydrique. Bien que le risque d'érosion attribuable au travail du sol soit assez prévisible, il survient périodiquement des tempêtes d'intensité exceptionnelle qui peuvent causer une érosion désastreuse si le sol n'est pas suffisamment protégé contre le vent ou l'eau. Par conséquent, avant de déterminer le type de risque d'érosion à cibler, les producteurs doivent garder à l'esprit qu'une surprotection contre les phénomènes météorologiques prévus sera utile en cas d'événement de grande intensité. Les producteurs doivent choisir des pratiques qui optimisent la réduction de l'érosion par le vent, l'eau et le travail du sol à long terme en prenant en compte les caractéristiques physiques et environnementales du terrain, le climat, le type de culture et le système cultural employé.

ÉROSION HYDRIQUE

Les producteurs peuvent contrôler l'érosion hydrique en améliorant la structure du sol, en protégeant le sol contre l'impact de l'eau de pluie et de l'eau vive, et en gérant les terres de façon à réduire la quantité et l'érosivité de l'eau vive. Les méthodes d'aménagement qui aident à maîtriser l'érosion hydrique comprennent :

- le travail de conservation, dont l'inclusion de fourrages dans les rotations;
- le semis de cultures en rang à travers les pentes;
- la *culture en bandes alternantes*;
- l'implantation entre les rangs de cultures intercalaires;
- le recours aux cultures couvre-sol.

Il faut plus de recherches sur les solutions de remplacement à la culture sans travail du sol pour les terres où cette méthode n'est pas viable, comme celles consacrées à la production intensive de produits horticoles ou de la pomme de terre. Lorsque le taux d'érosion hydrique est très élevé, les méthodes de conservation et les systèmes culturaux pourraient ne pas suffire à maîtriser l'érosion et le ruissellement. On peut aussi aider à maîtriser l'érosion en aménageant des terrasses ou des paliers pour réduire l'inclinaison et la longueur des pentes, de petites bermes permanentes en terre ou des terrasses de dérivation le long des courbes de niveau. La lutte contre l'érosion en ravins nécessite habituellement la construction de voies d'eau gazonnées ou de structures de contrôle de l'érosion. Dans les régions où les précipitations sont plus abondantes, qui courent un plus grand

risque d'érosion hydrique, les politiques et programmes de conservation doivent cibler les cultures qui laissent peu de résidus ou des sols exposés, comme la pomme de terre, les produits horticoles et les produits cultivés en rangées (maïs et soya), sont particulièrement vulnérables à l'érosion hydrique.

ÉROSION ÉOLIENN

La meilleure façon de contrôler ce type d'érosion est de garder le sol couvert par des cultures et des résidus de culture dans toutes les régions du pays. Dans les Prairies, les sols à surface *sableuse-limoneuse* ou sableuse présentent le plus grand risque inhérent d'érosion, et la mesure d'intervention la plus pratique consiste à planter des cultures fourragères vivaces. Les cultures fourragères conviennent aussi aux sols *limoneux-sableux* de cette région. Lorsque ces sols sont consacrés à des cultures annuelles, il faut éliminer complètement le travail du sol pour garantir un très faible risque d'érosion. Il faut aussi envisager des brise-vent. Pour les autres types de surface, on peut réduire le risque d'érosion en adoptant des méthodes de conservation du sol ou sans travail du sol. Après une récolte de pommes de terre ou de betteraves à sucre, une *culture couvre-sol* de céréales de printemps ou d'hiver aidera à contrôler l'érosion éolienne. On peut aussi limiter l'érosion en épandant du fumier solide.

ÉROSION PAR LE TRAVAIL DU SOL

On peut contrôler ce type d'érosion en modifiant les méthodes de travail. Seule l'élimination du travail du sol peut stopper complètement cette forme d'érosion. L'adoption de méthodes sans travail du sol ou de cultures qui ne nécessitent aucun labour, comme les fourrages, sont les moyens les plus efficaces de réduire l'érosion par le travail du sol. Cependant, même des pratiques comme l'ensemencement ou l'*injection d'engrais* peuvent provoquer un mouvement appréciable des sols et une érosion par le travail du sol. Bon nombre de systèmes culturaux, comme la production de la pomme de terre, s'accompagneront toujours d'une certaine forme de perturbation des sols, qui conduit à son déplacement et à l'érosion par le travail du sol. Dans ces systèmes de production, il est important de choisir les instruments aratoires et de travailler le sol de façon à réduire l'érosion au minimum. Les instruments aratoires qui déplacent moins de sol et qui le déplacent sur une plus courte distance provoqueront une plus faible érosion. Une vitesse et une profondeur d'opération plus uniformes diminueront également le taux d'érosion. Dans les paysages où cela est possible, la culture en courbes de niveau peut causer moins d'érosion que les cultures en pente, en particulier s'il est possible d'uniformiser la profondeur et la vitesse des labours en travaillant le long des courbes de niveau. Avec la culture en courbes de niveau, une charrue à soc réversible peut servir d'outil de conservation lorsque le soc est déplacé vers le haut de la pente. Le déplacement ascendant du sol par la charrue à soc peut neutraliser son déplacement descendant par d'autres opérations. Pour réduire l'érosion par le travail du sol, il conviendrait de porter une attention particulière aux paysages accidentés, et donc plus vulnérables à l'érosion.

Références

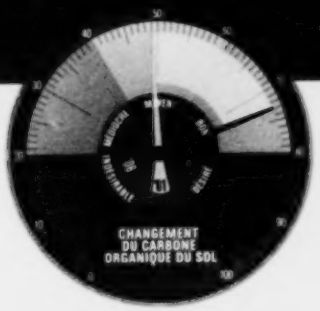
Li, S., Lobb, D.A., et McConkey, B.G. (2008). Soil erosion risk indicator (SoilERI) methodology dans *Soil erosion risk indicators: Technical supplement.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Li, S., McConkey, B.G., Black, M.W., et Lobb, D.A. (2008). Water Erosion Risk Indicator (WatERI) Methodology dans *Soil erosion risk indicators: Technical supplement.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Lobb, D.A., Li, S., Tiessen, K.H.D., Mehuys, G.R., Schumacher, T.E., Schumacher, J.A., Mollinedo, J., Pennock, D.J. , Liu., J., et Yates, T. (2008). Tillage Erosion Risk Indicator (TillERI) Methodology dans *Soil erosion risk indicators: Technical supplement.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

McConkey, B.G., Li, S. et Black, M.W. (2008). Wind Erosion Risk Indicator (WindERI) Methodology dans *Soil erosion risk indicators: Technical supplement.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

09 Matière organique du sol



AUTEURS
B.G. McConkey, D. Cerkowniak, W.N. Smith, R.L. Desjardins et M.J. Bentham

NOM DE L'INDICATEUR
Changement du carbone organique du sol (CCOS)

NOM DE L'INDICATEUR SUPPLÉMENTAIRE
Carbone organique relatif dans le sol (COR)

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 et 2006

Sommaire

Le *carbone (C)* est la composante de base de toutes les formes de vie et il joue un rôle important dans la santé et la fertilité du sol. L'indicateur de changement du carbone organique du sol (ICCOS) permet de déterminer dans quelle mesure les niveaux de carbone organique changent avec le temps dans les sols agricoles canadiens. Le changement du carbone organique du sol (COS) est un indice utile de la santé du sol et sert également à déterminer quelle quantité de dioxyde de carbone (CO_2) est captée de l'atmosphère par les plantes et séquestrée sous forme de COS dans les sols agricoles. Un indicateur supplémentaire, l'indicateur du carbone organique relatif du sol (ICORS), fournit aussi des niveaux de COS uniformes et comparables entre différents climats et types de sol à l'échelle nationale.

La réduction de l'érosion, de l'intensité des labours et des jachères, le semis de cultures de couverture, l'épandage efficace du fumier et la production périodique de cultures fourragères et autres qui laissent beaucoup de résidus sont autant de techniques qui peuvent aider à ralentir les pertes ou à maximiser les gains de COS. Ces pratiques doivent être appliquées de préférence aux sols combinant des niveaux de COS faibles et en baisse.

Le Canada dans son ensemble a vu une augmentation substantielle du COS sur 25 ans, qui a retiré 11,7 millions de tonnes de CO_2 de l'atmosphère en 2006. Dans les Prairies, le COS est généralement à la hausse, surtout en raison d'une réduction du travail du sol et des jachères. Ces hausses sont importantes, car elles aident à redresser la dégradation antérieure du sol, qui avait laissé de très faibles niveaux de COS dans de nombreuses terres des Prairies. Inversement, à l'est du Manitoba, le COS est généralement en baisse en conséquence de la conversion périodique des pâturages cultivés et des terres à foin en cultures annuelles.

L'enjeu

Le carbone est l'élément fondamental de toutes les formes de vie et le principal constituant de la matière organique du sol. Ce sont d'abord les plantes qui captent le carbone sous forme de CO_2 dans l'air durant la *photosynthèse*. Ce carbone finit par se retrouver dans le sol après la mort des plantes et des animaux qui les consomment directement ou indirectement. La plus grande partie de ce carbone retourne rapidement dans l'atmosphère durant la décomposition initiale des plantes et des animaux morts. Toutefois, dans le cadre du processus de décomposition, une petite partie du carbone organique des plantes et des animaux dans le sol se transforme en matière organique qui se décompose moins facilement. Avec le temps, la matière organique s'accumule dans le sol jusqu'à l'atteinte d'un *équilibre* où le carbone ajouté par les plantes et les animaux morts est égal aux pertes de carbone organique par décomposition. Il est à noter que les termes COS et matière organique du sol (MOS) sont employés de façon interchangeable dans ce texte, car on considère généralement que la MOS est constituée à 58 p. 100 de carbone par masse (COS=0,58*MOS)

La matière organique du sol influence fortement de nombreux aspects de la qualité du sol et constitue un élément important d'un sol en bonne santé. Elle aide à retenir les particules de sol entre elles et stabilise la structure du sol, ce qui rend ce dernier moins sensible à l'érosion et améliore la capacité du sol à stocker et à laisser s'échapper l'air et l'eau. La structure améliorée du sol aide à en préserver l'état d'ameublissement (maniabilité) et la perméabilité. La matière organique du sol stocke et fournit de nombreux éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes et des organismes présents dans le sol. Elle fixe les substances potentiellement toxiques, comme les métaux lourds et les pesticides. Enfin, elle stocke le CO_2 (un des principaux gaz à effet de serre) capté dans l'atmosphère.

Les pertes de MOS contribuent à dégrader la structure du sol, à le rendre plus vulnérable à l'érosion et à en épuiser la fertilité, ce qui se traduit en fin de compte par une réduction du rendement et de la pérennité du sol.

L'indicateur

L'ICCOS permet de déterminer dans quelle mesure les concentrations de carbone organique changent avec le temps dans les sols agricoles canadiens. L'indicateur se fonde sur la méthode utilisée pour le Rapport d'inventaire national canadien de McConkey *et coll.* (2007). L'indicateur utilise le modèle Century (NREL,

09 Matière organique du sol

AUTEURS

B.G. McConkey, D. Cerkowniak, W.N. Smith, R.L. Desjardins et M.J. Bentham

NOM DE L'INDICATEUR

Changement du carbone organique du sol (CCOS)

NOM DE L'INDICATEUR SUPPLÉMENTAIRE

Carbone organique relatif dans le sol (COR)

PORTÉE

Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

Le *carbone (C)* est la composante de base de toutes les formes de vie et il joue un rôle important dans la santé et la fertilité du sol. L'indicateur de changement du carbone organique du sol (ICCOS) permet de déterminer dans quelle mesure les niveaux de carbone organique changent avec le temps dans les sols agricoles canadiens. Le changement du carbone organique du sol (COS) est un indice utile de la santé du sol et sert également à déterminer quelle quantité de dioxyde de carbone (CO_2) est captée de l'atmosphère par les plantes et séquestrée sous forme de COS dans les sols agricoles. Un indicateur supplémentaire, l'indicateur du carbone organique relatif du sol (ICORS), fournit aussi des niveaux de COS uniformes et comparables entre différents climats et types de sol à l'échelle nationale.

La réduction de l'érosion, de l'intensité des labours et des jachères, le semis de cultures de couverture, l'épandage efficace du fumier et la production périodique de cultures fourragères et autres qui laissent beaucoup de résidus sont autant de techniques qui peuvent aider à ralentir les pertes ou à maximiser les gains de COS. Ces pratiques doivent être appliquées de préférence aux sols combinant des niveaux de COS faibles et en baisse.

Le Canada dans son ensemble a vu une augmentation substantielle du COS sur 25 ans, qui a retiré 11,7 millions de tonnes de CO_2 de l'atmosphère en 2006. Dans les Prairies, le COS est généralement à la hausse, surtout en raison d'une réduction du travail du sol et des jachères. Ces hausses sont importantes, car elles aident à redresser la dégradation antérieure du sol, qui avait laissé de très faibles niveaux de COS dans de nombreuses terres des Prairies. Inversement, à l'est du Manitoba, le COS est généralement en baisse en conséquence de la conversion périodique des pâturages cultivés et des terres à foin en cultures annuelles.

L'enjeu

Le carbone est l'élément fondamental de toutes les formes de vie et le principal constituant de la matière organique du sol. Ce sont d'abord les plantes qui captent le carbone sous forme de CO_2 dans l'air durant la *photosynthèse*. Ce carbone finit par se retrouver dans le sol après la mort des plantes et des animaux qui les consomment directement ou indirectement. La plus grande partie de ce carbone retourne rapidement dans l'atmosphère durant la décomposition initiale des plantes et des animaux morts. Toutefois, dans le cadre du processus de décomposition, une petite partie du carbone organique des plantes et des animaux dans le sol se transforme en matière organique qui se décompose moins facilement. Avec le temps, la matière organique s'accumule dans le sol jusqu'à l'atteinte d'un *équilibre* où le carbone ajouté par les plantes et les animaux morts est égal aux pertes de carbone organique par décomposition. Il est à noter que les termes COS et matière organique du sol (MOS) sont employés de façon interchangeable dans ce texte, car on considère généralement que la MOS est constituée à 58 p. 100 de carbone par masse (COS=0,58*MOS).

La matière organique du sol influence fortement de nombreux aspects de la qualité du sol et constitue un élément important d'un sol en bonne santé. Elle aide à retenir les particules de sol entre elles et stabilise la structure du sol, ce qui rend ce dernier moins sensible à l'érosion et améliore la capacité du sol à stocker et à laisser s'échapper l'air et l'eau. La structure améliorée du sol aide à en préserver l'état d'ameublissement (manabilité) et la perméabilité. La matière organique du sol stocke et fournit de nombreux éléments nutritifs nécessaires à la croissance des plantes et des organismes présents dans le sol. Elle fixe les substances potentiellement toxiques, comme les métaux lourds et les pesticides. Enfin, elle stocke le CO_2 (un des principaux gaz à effet de serre) capté dans l'atmosphère.

Les pertes de MOS contribuent à dégrader la structure du sol, à le rendre plus vulnérable à l'érosion et à en épuiser la fertilité, ce qui se traduit en fin de compte par une réduction du rendement et de la pérennité du sol.

L'indicateur

L'ICCOS permet de déterminer dans quelle mesure les concentrations de carbone organique changent avec le temps dans les sols agricoles canadiens. L'indicateur se fonde sur la méthode utilisée pour le Rapport d'inventaire national canadien de McConkey *et coll.* (2007). L'indicateur utilise le modèle Century (NREL

2007) pour prédire le taux de changement du carbone organique des sols agricoles du Canada qui est attribuable aux modifications apportées à la gestion des terres depuis 1951. Ces modifications concernent notamment le travail du sol, la fréquence des jachères et la conversion des cultures annuelles en champs de foin vivace ou en pâturages. Elles comprennent les changements apportés à l'utilisation des terres, comme le déboisement en vue de l'agriculture ou la conversion de prairies en terres cultivées, mais non les pertes de carbone de la biomasse forestière aérienne. On a supposé que le COS n'avait pas varié en l'absence de changement dans la gestion ou l'utilisation des terres.

Le changement du COS est un indicateur utile des tendances à long terme de la santé générale du sol. L'indicateur sert également à estimer quelle quantité de CO_2 est captée dans l'atmosphère par les plantes et stockée (ou séquestrée) sous forme de COS dans les sols agricoles. Ainsi, en plus d'indiquer les variations dans la santé du sol, le changement du COS indique également la réduction potentielle du CO_2 atmosphérique, qui peut compenser les émissions de gaz à effet de serre.

L'ICCOS correspond au pourcentage des terres agricoles totales qui tombent dans chacune des cinq catégories de changement du COS, en kilogramme par hectare par année (kg ha^{-1} an^{-1}). Les valeurs négatives représentent une perte de COS et les valeurs positives, un gain de COS. Les cinq catégories sont les suivantes : forte hausse (gain de plus de 90 kg ha^{-1} an^{-1}), hausse modérée (de 25 à 90 kg ha^{-1} an^{-1}), changement négligeable à faible (de -25 à 25 kg ha^{-1} an^{-1}), baisse modérée (de -25 à 90 kg ha^{-1} an^{-1}) et forte baisse (pertes de plus de -90 kg ha^{-1} an^{-1}). Avec une bonne gestion du sol sur une longue période, la matière organique du sol présente peu de changement au fil du temps. Par conséquent, une hausse du COS n'est pas nécessairement préférable à l'absence de changement. Toutefois, lorsque le sol a subi une dégradation dans le passé, une augmentation importante du COS est souhaitable, car elle signale une amélioration de la santé et de la fonction du sol. Une perte de COS supposant aussi la libération de CO_2 dans l'atmosphère, elle est peu souhaitable. Ainsi, les valeurs préférées pour cet indicateur sont : aucune perte de COS dans les sols agricoles et une accumulation de carbone dans les sols à faible teneur en matière organique.

Un indicateur supplémentaire, l'ICORS, offre une mesure du niveau actuel de COS qui est comparable entre différents climats et types de sols. Cet indicateur estime le niveau de COS en fonction des données du Système d'information sur les sols du Canada (SISCan) et des récents changements signalés par l'ICCOS. Le COR correspond au niveau actuel estimatif de COS par rapport à la valeur de base du COS, qui est estimée par le modèle Century pour un pâturage de graminées permanent et utilisé de façon intensive. Le niveau de base estimatif du COS correspond à un sol productif et en bonne santé, mais il n'est pas censé représenter un niveau quantitatif et qualitatif optimal de COS pour les différents systèmes culturaux et pratiques de gestion nécessaires en agriculture. Selon de nombreux systèmes de production agricole, le niveau de base du COS n'est ni facilement réalisable ni nécessaire.

Les catégories de COR étaient les suivantes : très faible (<0,55), faible (0,55 à 0,7), modérée (0,7 à 0,85), élevée (0,85 à 1,0), et très élevée (>1,0). Comme les terres plantées en cultures annuelles ont généralement un niveau de COS plus faible que selon le modèle standard de pâturage, les valeurs de l'ICORS devraient tomber dans la catégorie modérée lorsqu'il y a peu de périodes de cultures fourragères ou de pâturages ou qu'il n'y a aucun ajout de matière organique par les cultures de couverture, les engrais verts ou les engrais de ferme. Un niveau faible ou très faible de COR dénote une région où il est possible d'accroître la séquestration de carbone dans le sol en adoptant des pratiques appropriées de gestion. De faibles concentrations de COR conjuguées à des pertes de COS indiquent les régions exposées au plus grand risque de dégradation du sol.

Limites

L'ICCOS ne tient pas compte de l'érosion du sol, laquelle entraîne une réduction du COS, car elle fait disparaître la mince couche superficielle, enrichie de COS, du sol. Ainsi, même les taux relativement faibles d'érosion du sol peuvent avoir d'importants effets sur le COS. Dans le présent rapport, le changement de COS au niveau du champ est donc biaisé en faveur des petites pertes et des gains importants.

L'ICORS devrait être considéré comme plus incertain que l'ICCOS en raison des incertitudes dans les niveaux de COS indiqués dans la base de données du SISCan.

Résultats et interprétation

À l'échelle du Canada, les améliorations apportées à la gestion agricole ont entraîné un revirement important; en effet, on est passé d'un COS neutre (ajouts=pertes) au milieu des années 1980 à une augmentation de la teneur en carbone organique de la plupart des terres cultivées en 2006 (figure 9-1, tableau 9-1). Un autre avantage environnemental de l'amélioration des pratiques de gestion durant cette période est que la superficie cultivée est devenue un plus grand puits de CO_2 atmosphérique. En effet, les sols, qui étaient une source nette de 1,0 mégatonne (Mt) de CO_2 par année en 1981, sont devenus un puits net de 11,7 Mt de CO_2 par année en 2006.

L'Ontario et les provinces plus à l'est ont vu une perte globale de COS entre 1981 et 2006 en conséquence de la réduction des terres à foin et des pâturages en faveur des cultures annuelles (figure 9-2). Ce changement au niveau de l'utilisation des terres témoigne du déclin des populations bovines dans ces provinces. Dans les provinces des Prairies, la réduction du travail du sol et des jachères a causé une hausse substantielle des concentrations de carbone au fil du temps (figure 9-3). L'adoption de pratiques de conservation du sol a eu un certain effet bénéfique sur le COS en Ontario, mais ce phénomène n'a cependant pas été

Carbone organique du sol 2006 taux de changement (kg ha^{-1} an^{-1})

forte augmentation	augmentation modéré		baisse modéré	forte baisse	non évalué
>90	25–90	-25–25	-90– -25	<-90	

FIGURE 9-1 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1}) pour le Canada en 2006

TABLEAU 9-1 Pourcentage des terres dans les différentes catégories de CCOS

	Pourcentage des terres cultivées dans les différentes catégories de changement du carbone organique du sol																											
	Forte hausse plus de 90 kg ha⁻¹an⁻¹						Hausse modérée 25 à 90 kg ha⁻¹an⁻¹												Baisse modérée -25 à -90 kg ha⁻¹an⁻¹						Forte baisse plus de -90 kg ha⁻¹an⁻¹					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	0	1	1	1	2	2	1	5	5	11	11	13	69	65	76	75	74	71	27	25	16	10	11	10	3	4	2	3	2	4
MOYENNE DES PRAIRIES	**2**	**2**	**2**	**8**	**34**	**46**	**18**	**41**	**47**	**67**	**47**	**37**	**78**	**55**	**48**	**23**	**17**	**15**	**1**	**1**	**2**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**
AB	1	1	1	3	19	28	26	33	40	59	53	45	71	65	57	37	27	26	2	1	2	1	1	1	0	0	0	0	0	0
SK	0	1	1	10	47	69	1	42	47	76	45	24	97	55	49	12	7	6	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0
MB	12	14	14	18	25	31	57	55	70	57	51	52	31	31	15	24	23	15	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
MOYENNE DES PROVINCES DU CENTRE	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**1**	**0**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**7**	**10**	**12**	**13**	**11**	**11**	**42**	**38**	**33**	**31**	**27**	**28**	**51**	**51**	**54**	**54**	**61**	**59**
ON	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	5	8	11	14	16	16	27	28	26	30	30	31	68	63	62	54	53	51
QC	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	14	14	12	10	2	1	70	59	47	37	20	20	16	25	40	52	77	78
MOYENNE DES PROVINCES DE L'ATLANTIQUE	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**1**	**2**	**2**	**2**	**3**	**1**	**1**	**34**	**25**	**25**	**22**	**17**	**17**	**56**	**61**	**62**	**60**	**61**	**57**	**7**	**11**	**10**	**14**	**20**	**24**
NB	1	1	0	1	0	0	5	6	5	6	2	1	82	58	56	34	29	20	11	32	33	54	50	59	1	3	6	5	19	20
NS	0	0	1	3	1	1	1	1	1	2	0	3	16	16	17	33	23	31	81	67	67	47	53	42	2	16	14	15	23	23
PE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82	89	90	81	85	73	18	11	10	19	15	27
NL	2	3	3	0	0	1	1	1	1	3	4	2	7	5	38	25	22	3	59	51	31	25	28	46	31	40	27	47	46	46
MOYENNE DU CANADA	**2**	**2**	**2**	**7**	**28**	**41**	**15**	**34**	**40**	**57**	**41**	**31**	**68**	**49**	**44**	**24**	**18**	**16**	**8**	**8**	**7**	**5**	**5**	**4**	**7**	**7**	**7**	**7**	**8**	**8**

TABLEAU 9-4 Pourcentage des terres dans chaque combinaison de catégorie COR/CCOS en 2006

	Catégorie de CCOS																											
	plus de 90 kg ha⁻¹an⁻¹ Catégorie de COR					25 à 90 kg ha⁻¹an⁻¹ Catégorie de COR										-25 à -90 kg ha⁻¹an⁻¹ Catégorie de COR					plus de -90 kg ha⁻¹an⁻¹ Catégorie de COR							
	Très faible	Faible		Élevé	Très élevé	Très faible	Faible		Élevé	Très élevé	Très faible	Faible		Élevé	Très élevé	Très faible	Faible		Élevé	Très élevé	Très faible	Faible		Élevé	Très élevé			
BC	néant*	0	2	0	0	1	5	2	3	0	4	15	25	29	1	2	2	1	5	0	0	1	1	2	0			
PRAIRIES	**3**	**13**	**14**	**19**	**2**	**2**	**8**	**13**	**12**	**2**	**0**	**2**	**6**	**5**	**0**	**0**	**0**	**0**	**néant**	**0**	**néant**	**0**	**0**	**0**	**0**			
AB	1	6	10	11	0	2	10	18	16	0	0	4	11	9	0	0	néant	0	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant			
SK	4	22	20	24	2	2	5	10	6	1	0	1	2	2	néant	néant	0	0	néant	néant	néant	0	0	0	néant			
MB	néant	1	2	22	4	nil	11	10	25	9	néant	2	4	8	1	néant	néant	néant	néant	0	néant	néant	0	0	0			
PROVINCES DU CENTRE	**0**	**néant**	**néant**	**0**	**néant**	**0**	**0**	**néant**	**néant**	**0**	**4**	**4**	**3**	**1**	**0**	**10**	**7**	**4**	**2**	**5**	**22**	**18**	**9**	**4**	**8**			
ON	0	néant	néant	néant	néant	0	0	néant	néant	néant	6	5	4	1	0	15	11	5	2	1	26	19	4	1	néant			
QC	néant	néant	néant	0	néant	néant	néant	néant	néant	0	néant	0	0	0	0	0	1	2	2	15	14	15	18	9	24			
PROVINCES DE L'ATLANTIQUE	**0**	**néant**	**0**	**néant**	**néant**	**1**	**0**	**néant**	**néant**	**néant**	**5**	**5**	**6**	**0**	**1**	**7**	**12**	**36**	**2**	**1**	**4**	**14**	**5**	**1**	**1**			
NB	néant	néant	néant	néant	néant	néant	0	néant	néant	néant	1	6	10	0	2	1	14	38	5	1	1	7	10	1	1			
NS	0	néant	néant	néant	néant	3	néant	néant	néant	néant	14	10	7	néant	néant	22	13	4	néant	3	12	9	2	0	néant			
PE	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	9	64	néant	néant	néant	24	3	néant	néant			
NL	néant	néant	0	néant	néant	néant	2	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	néant	5	36	4	1	néant	12	17	10	12			
CANADA	**2**	**11**	**12**	**16**	**1**	**1**	**7**	**11**	**10**	**1**	**1**	**3**	**6**	**6**	**0**	**1**	**1**	**1**	**0**	**1**	**3**	**2**	**1**	**0**	**1**			

* néant signifie qu'il n'y a aucune terre dans la combinaison, tandis que 0 correspond à moins de 0,5 p. 100 des terres dans la combinaison

TABLEAU 9-2 Taux moyens de CCOS et niveaux de COR pour les provinces et le Canada

	Changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1})						Carbone organique relatif (COS actuel / COS de base)	
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	2006
BC	−19	−18	−9	−1	−2	2	0,78	0,81
Moyenne des Prairies	**12**	**23**	**26**	**46**	**69**	**86**	**0,79**	**0,79**
AB	12	15	20	35	53	62	0,78	0,79
SK	3	21	23	53	84	110	0,77	0,77
MB	41	46	50	51	59	72	0,88	0,89
Moyenne des provinces du Centre	**−100**	**−97**	**−101**	**−100**	**−119**	**−110**	**0,73**	**0,68**
ON	−116	−109	−108	−97	−100	−89	0,62	0,58
QC	−69	−73	−86	−107	−156	−152	0,94	0,91
Moyenne des provinces de l'Atlantique	**−45**	**−57**	**−52**	**−54**	**−66**	**−70**	**0,69**	**0,66**
NB	−12	−23	−25	−38	−53	−70	0,75	0,72
NS	−41	−69	−55	−41	−65	−64	0,57	0,53
PE	−79	−78	−76	−79	−77	−67	0,72	0,70
NL	−90	−95	−74	−105	−112	−161	0,90	0,86
Moyenne du Canada	**−5**	**5**	**8**	**25**	**42**	**58**	**0,78**	**0,78**

observé dans les autres provinces de l'Est car le travail de conservation du sol a été moins accepté dans leurs climats plus frais.

La valeur moyenne de l'ICORS pour les terres agricoles du Canada était de 0,78 en 2006 (tableau 9-2). Les terres à faible teneur en COR (<0,7) étaient surtout situées dans le Sud-Ouest de l'Ontario, le Centre-Sud des Prairies, la région de la rivière de la Paix en Alberta et en Colombie-Britannique et les provinces de l'Atlantique (figure 9-4).

Une teneur faible ou très faible en COR, combinée à une réduction du COS, est la principale source d'inquiétude concernant la qualité des sols et le COS. En 2006, plus de la moitié des terres cultivées du Centre du Canada et 37 p. 100 des terres des provinces de l'Atlantique se trouvaient dans cette situation (tableau 9-4). Un sol caractérisé par une infiltration et un ameublissement qui laissent à désirer est sans doute le premier signe manifeste que les niveaux de COS devraient être plus élevés. Ces effets seront particulièrement évidents dans les *sols sableux* et *argileux*. Les sols à faible teneur en COR sont les plus susceptibles de voir leurs niveaux de COS augmenter en conséquence de l'amélioration des pratiques de gestion. Dans les provinces des Prairies, 27 p. 100 des terres ont une teneur faible ou très faible en COR et le COS est à la hausse dans presque toutes ces terres. Il n'y avait pratiquement aucune terre à teneur faible ou très faible en COR et à teneur réduite en COS dans les Prairies.

Dans l'Est du Canada, la plupart des terres à teneur élevée ou très élevée en COR perdent aussi du COS. Ces pertes ne sont

TABLEAU 9-3 Pourcentage des terres dans chaque catégorie de COR en 2006.

	Catégorie de COR				
	très élevé	élevé	modé	faible	très faible
BC	1	39	31	22	7
Prairies	**4**	**37**	**33**	**23**	**4**
AB	1	36	39	21	4
SK	3	32	32	28	6
MB	15	55	16	14	0
Provinces du Centre	**13**	**6**	**15**	**29**	**37**
ON	1	4	13	35	48
QC	39	11	20	15	15
Provinces de l'Atlantique	**3**	**3**	**47**	**31**	**17**
NB	3	7	59	28	3
NS	3	0	13	32	52
PE	0	0	67	33	0
NL	13	14	53	20	0
Canada	**5**	**33**	**31**	**24**	**8**

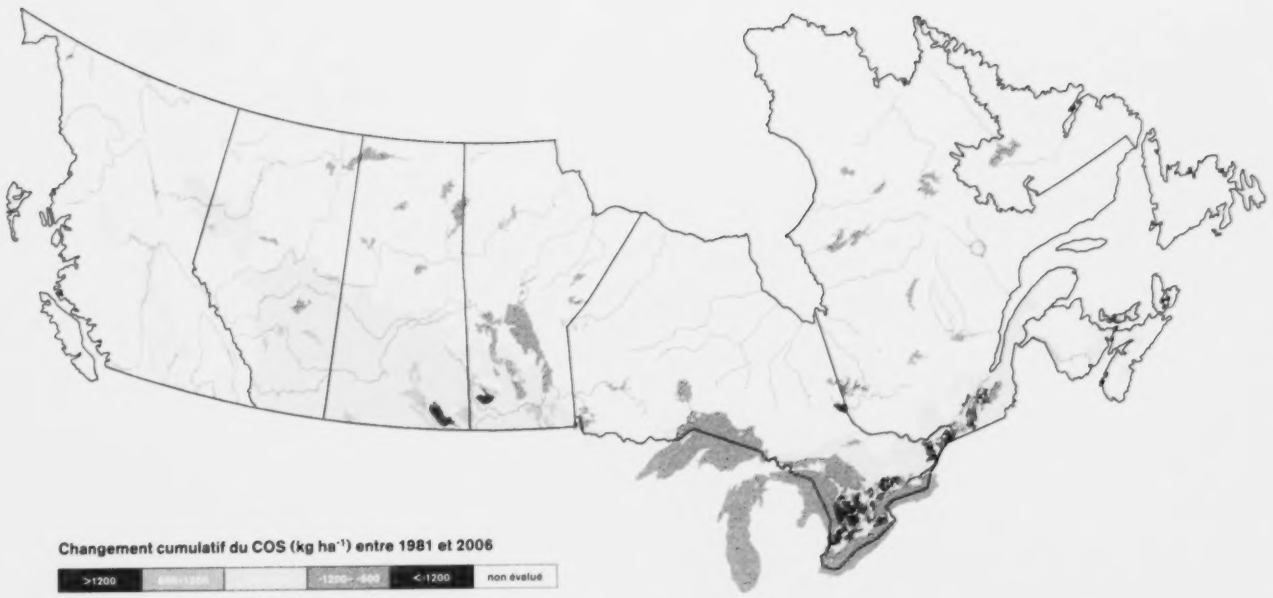


FIGURE 9-2 Changement cumulatif du COS (kg ha^{-1}) entre 1981 et 2006 attribuable aux l'utilisation des terres (p. ex. conversion de terres forestières en terres agricoles) ou de cultures annuelles en cultures vivaces

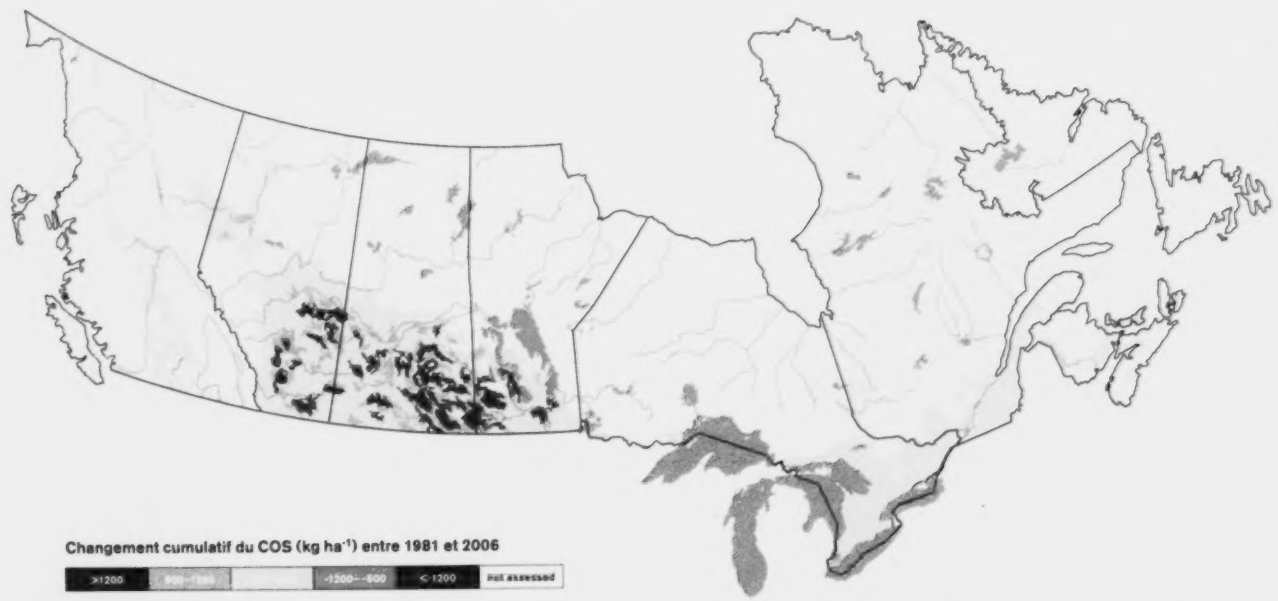


FIGURE 9-3 Changement cumulatif du COS (kg ha^{-1}) entre 1981 et 2006 attribuable aux modifications touchant le travail du sol et les jachères

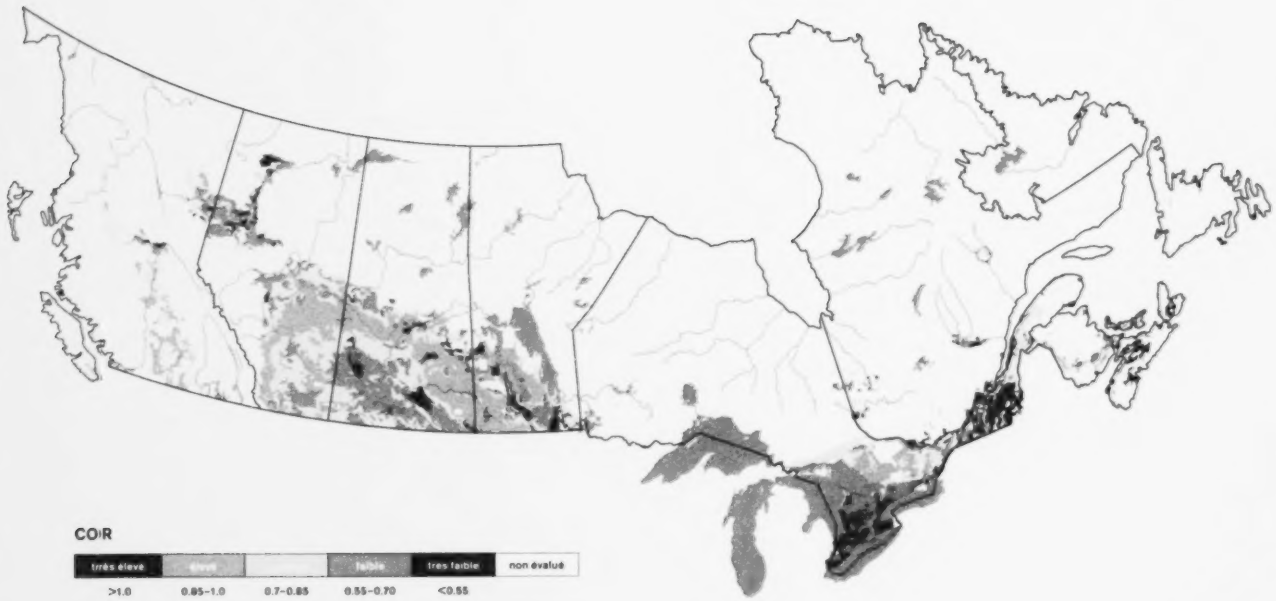


FIGURE 9-4 COR pour le Canada en 2006

pas aussi inquiétantes pour la santé des sols que les pertes de COS dans les sols à faible teneur en COS. En fait, les pertes de carbone organique des sols à teneur élevée en COR sont le résultat attendu du recul de l'élevage bovin et de la production fourragère en faveur de la culture des céréales et oléagineux.

Mesures d'intervention possibles

On note une amélioration générale de la santé des sols canadiens en ce qui a trait au COS. L'adoption de pratiques telles qu'une réduction des jachères et du travail du sol reste une façon utile de compenser une faible teneur en COS. Des pertes importantes ont toutefois été enregistrées. La perte de COS à l'est des Prairies est le résultat inévitable de la conversion des pâturages et des terres à foin en cultures annuelles plus intensives. Comme cette tendance se maintient depuis au moins cinq décennies, les pertes de COS sont continuelles.

Lorsque les sols ont une teneur relativement faible en COS, il est important d'alterner les cultures horticoles ou cultures racines qui produisent peu de résidus avec des cultures qui produisent des résidus abondants. Dans le cas des sols à très faible teneur en COS, l'épandage d'une grande quantité de fumier est un moyen rapide de faire augmenter la teneur en COS et d'améliorer la santé et la productivité des sols.

Toutes les provinces ont subi des pertes considérables de COS en conséquence du déboisement effectué pour élargir la superficie agricole et, particulièrement en Alberta et en Saskatchewan, de la conversion de prairies en terres cultivées. Les changements apportés à l'utilisation des terres ont aussi un impact marqué sur la biodiversité, car ils perturbent des habitats importants. C'est pourquoi, avant de convertir des terres, il faut réfléchir aux conséquences et déterminer si l'intensification de la production sera suffisante pour justifier le changement.

Les mesures prises pour gérer les niveaux de COS doivent être adaptées à la situation dans une région donnée. Dans le cas des sols dont la teneur en COS est relativement faible en raison de mesures de gestion antérieures, il faut apporter des changements majeurs pour faire augmenter la concentration de COS. Il est notamment essentiel de réduire l'érosion pour accroître la teneur en COS de ces sols. D'autres mesures vigoureuses sont l'utilisation de cultures de couverture et le semis périodique de cultures fourragères vivaces.

Entre-temps, il est particulièrement important de ralentir ou de renverser les pertes de COS dans les sols à faible teneur en COR. La façon la plus efficace de réduire les pertes de COS dans ces sols est de freiner l'érosion. D'autres méthodes valables comprennent la réduction du travail du sol et un plus grand recours aux cultures de couverture.

Références

National Resource Ecology Laboratory. (2007). *Century*. Téléchargé le 9 juin 2009 depuis http://www.nrel.colostate.edu/projects/century/ (en anglais seulement)

10 Éléments traces

AUTEURS

S.C. Sheppard et C.A. Grant

NOM DE L'INDICATEUR

Indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces

SITUATION

Échelle nationale; 1981 et 2001

Sommaire

Les éléments traces (ET) se trouvent naturellement en concentrations relativement petites dans la croûte terrestre et dans les organismes vivants. Certains ET sont essentiels à la vie; d'autres n'ont aucun effet manifeste sur l'environnement ou les organismes; d'autres encore peuvent avoir un effet toxique à des concentrations élevées. Les ET qui sont essentiels à la vie et à une croissance productive sont parfois utilisés en concentrations plus élevées dans les aliments minéraux complémentaires et les engrais agricoles. Les petits ajouts annuels d'ET au sol risquent toutefois de faire monter les concentrations à des niveaux préoccupants.

L'indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces prend en compte six principaux ET provenant de l'atmosphère, des engrais, du fumier et des biosolides municipaux, et il en estime la concentration dans les sols agricoles au fil du temps en supposant que les pratiques de gestion en vigueur soient maintenues. Les producteurs qui sont informés à l'avance des régions où les ET risquent de s'accumuler dans le sol peuvent atténuer ce risque en modifiant leurs pratiques de gestion.
L'indicateur prévoit que, dans 100 ans, les concentrations d'ET dans le sol (appelées concentrations *séculaires*) pourraient être trois fois plus élevées que les concentrations de base actuelles. En tout, 1 p. 100 des terres agricoles du Canada risqueraient de subir des effets toxiques liés à l'accumulation des ET si les pratiques en vigueur étaient maintenues pendant 100 ans. Le risque d'accumulation toxique des ET changera également avec l'évolution des pratiques de gestion.

L'enjeu

Le terme ET désigne un très large éventail d'éléments chimiques, dont beaucoup n'ont apparemment aucun effet sur les concentrations observées dans l'environnement. Cependant, certains ET sont essentiels à la vie, tandis que d'autres sont hautement toxiques; d'autres encore peuvent être essentiels ou toxiques selon la concentration. De nombreux ET, particulièrement les métaux tels que le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le plomb (Pb) et le zinc (Zn), sont fortement retenus par les sols et y restent pendant de très longues périodes. Même les petits ajouts annuels peuvent finir par atteindre des concentrations suffisamment élevées pour causer des problèmes.

Les accumulations élevées d'ET peuvent causer différents problèmes. L'effet négatif le plus direct est sans doute la production de cultures vivrières dont les concentrations en métal sont inacceptables (voir l'encadré). L'ajout aux sols d'ET tels que le cadmium peut aggraver le problème d'accumulation dans les cultures cultivées sur ces sols (figure 10-1). Cette accumulation peut avoir un effet toxique sur les plantes ou présenter des risques inacceptables pour les gens qui consomment ces produits végétaux. La toxicité directe pour les plantes et organismes du sol, dont les microbes qui jouent un rôle dans le cycle des éléments nutritifs, est un autre impact potentiel. Enfin, les impacts négatifs sur les formes de vie plus élevées qui se nourrissent des organismes du sol pourrait poser un problème dans l'avenir.

La question des ET revêt une importance économique pour plusieurs raisons. Les engrais phosphatés sont des apports nécessaires dans certaines régions parce que la quantité de P présente dans le sol est trop faible pour soutenir une production végétale économique. Il reste que les engrais phosphatés ne sont pas des produits chimiques très raffinés et qu'ils contiennent inévitablement une foule d'ET qui s'accumulent dans le sol.

Or, les carences en ET importants dans le régime alimentaire des animaux, particulièrement le cuivre (Cu), le sélénium (Se) et le zinc (Zn), sont courantes à l'échelle mondiale et le seraient au Canada si ces ET n'étaient pas ajoutés aux aliments pour animaux. Les carences alimentaires réduisent la productivité des animaux et soulèvent des questions d'éthique touchant leur santé et leur bien-être. Le coût financier des ET ajoutés à la nourriture pour animaux étant très faible, les producteurs ont l'habitude d'utiliser les quantités maximales permises. Cependant, un pourcentage élevé des ET présents dans les aliments finit par pénétrer les terres agricoles sous forme de fumier. Les ET sont aussi présents dans les eaux vannes, et une partie des *boues* d'épuration produites au Canada est épandue sur les terres agricoles situées près des villes. Comme la population continue de croître mais que l'assise territoriale est limitée, il est probable que les sols agricoles absorberont encore plus d'ET dans l'avenir.

10 Éléments traces

AUTEURS
S.C. Sheppard et C.A. Grant

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces

SITUATION
Échelle nationale, 1981 et 2006

Sommaire

Les éléments traces (ET) se trouvent naturellement en concentrations relativement petites dans la croûte terrestre et dans les organismes vivants. Certains ET sont essentiels à la vie; d'autres n'ont aucun effet manifeste sur l'environnement ou les organismes; d'autres encore peuvent avoir un effet toxique à des concentrations élevées. Les ET qui sont essentiels à la vie et à une croissance productive sont parfois utilisés en concentrations plus élevées dans les aliments minéraux complémentaires et les engrais agricoles. Les petits ajouts annuels d'ET au sol risquent toutefois de faire monter les concentrations à des niveaux préoccupants.

L'indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces prend en compte six principaux ET provenant de l'atmosphère, des engrais, du fumier et des biosolides municipaux, et il en estime la concentration dans les sols agricoles au fil du temps en supposant que les pratiques de gestion en vigueur soient maintenues. Les producteurs qui sont informés à l'avance des régions où les ET risquent de s'accumuler dans le sol peuvent atténuer ce risque en modifiant leurs pratiques de gestion.
L'indicateur prévoit que, dans 100 ans, les concentrations d'ET dans le sol (appelées concentrations *séculaires*) pourraient être trois fois plus élevées que les concentrations de base actuelles. En tout, 1 p. 100 des terres agricoles du Canada risqueraient de subir des effets toxiques liés à l'accumulation des ET si les pratiques en vigueur étaient maintenues pendant 100 ans. Le risque d'accumulation toxique des ET changera également avec l'évolution des pratiques de gestion.

L'enjeu

Le terme ET désigne un très large éventail d'éléments chimiques, dont beaucoup n'ont apparemment aucun effet sur les concentrations observées dans l'environnement. Cependant, certains ET sont essentiels à la vie, tandis que d'autres sont hautement toxiques; d'autres encore peuvent être essentiels ou toxiques selon la concentration. De nombreux ET, particulièrement les métaux tels que le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le plomb (Pb) et le zinc (Zn), sont fortement retenus par les sols et y restent pendant de très longues périodes. Même les petits ajouts annuels peuvent finir par atteindre des concentrations suffisamment élevées pour causer des problèmes.

Les accumulations élevées d'ET peuvent causer différents problèmes. L'effet négatif le plus direct est sans doute la production de cultures vivrières dont les concentrations en métal sont inacceptables (voir l'encadré). L'ajout aux sols d'ET tels que le cadmium peut aggraver le problème d'accumulation dans les cultures cultivées sur ces sols (figure 10-1). Cette accumulation peut avoir un effet toxique sur les plantes ou présenter des risques inacceptables pour les gens qui consomment ces produits végétaux. La toxicité directe pour les plantes et organismes du sol, dont les microbes qui jouent un rôle dans le cycle des éléments nutritifs, est un autre impact potentiel. Enfin, les impacts négatifs sur les formes de vie plus élevées qui se nourrissent des organismes du sol pourrait poser un problème dans l'avenir.

La question des ET revêt une importance économique pour plusieurs raisons. Les engrais phosphatés sont des apports nécessaires dans certaines régions parce que la quantité de P présente dans le sol est trop faible pour soutenir une production végétale économique. Il reste que les engrais phosphatés ne sont pas des produits chimiques très raffinés et qu'ils contiennent inévitablement une foule d'ET qui s'accumulent dans le sol.

Or, les carences en ET importants dans le régime alimentaire des animaux, particulièrement le cuivre (Cu), le sélénium (Se) et le zinc (Zn), sont courantes à l'échelle mondiale et le seraient au Canada si ces ET n'étaient pas ajoutés aux aliments pour animaux. Les carences alimentaires réduisent la productivité des animaux et soulèvent des questions d'éthique touchant leur santé et leur bien-être. Le coût financier des ET ajoutés à la nourriture pour animaux étant très faible, les producteurs ont l'habitude d'utiliser les quantités maximales permises. Cependant, un pourcentage élevé des ET présents dans les aliments finit par pénétrer les terres agricoles sous forme de fumier. Les ET sont aussi présents dans les eaux vannes, et une partie des *boues* d'épuration produites au Canada est épandue sur les terres agricoles situées près des villes. Comme la population continue de croître mais que l'assise territoriale est limitée, il est probable que les sols agricoles absorberont encore plus d'ET dans l'avenir.

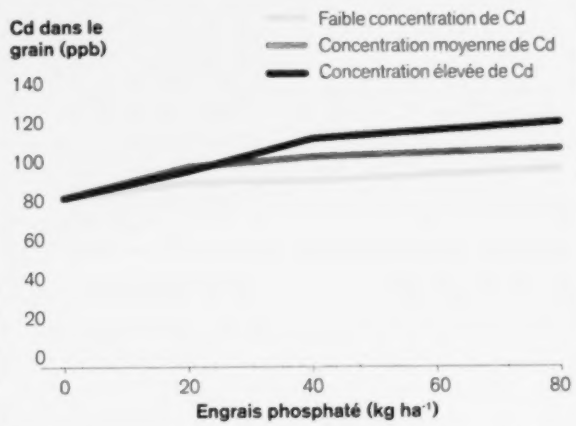


FIGURE 10-1 Concentration de cadmium dans le blé dur en fonction du taux d'utilisation d'engrais phosphatés et de la teneur en cadmium des engrais

Il est déjà arrivé que les exportations de blé dur du Canada soient restreintes à cause de concentrations de cadmium qui appprochent ou dépassent la norme internationale de sécurité pour les cultures vivrières. Ce problème a été réglé en grande partie par la recherche sur la génétique des cultures et la réglementation des niveaux acceptables de Cd dans les engrais appliqués à ces cultures. Néanmoins, il faudra continuer d'exercer une vigilance à cet égard. Les engrais phosphatés (P) qui se trouvent à contenir du Cd peuvent faire augmenter les concentrations de Cd dans les cultures vivrières (figure 10-1). De même, l'incorporation de Cd et d'autres éléments traces provenant d'adjuvants agricoles peut compromettre la salubrité des aliments si elle n'est pas gérée comme il se doit.

L'indicateur

L'indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces a été élaboré afin d'évaluer l'impact environnemental que les ET d'origine agricole tels que ceux provenant des engrais et des aliments complémentaires minéraux auront sur les sols. L'indicateur tient compte de six éléments : l'arsenic (As), le cadmium (Cd), le cuivre (Cu), le plomb (Pb), le sélénium (Se) et le zinc (Zn). Il s'agit d'un indicateur d'équilibre du sol (Oborn *et coll.*, 2003) qui estime les apports en ET en fonction des quantités d'engrais, d'aliments complémentaires et de biosolides utilisées par hectare sur les terres agricoles et les pertes d'ET par lessivage, exportation des cultures ou volatilisation. L'équilibre dans le sol calcule la concentration d'ET dans les sols agricoles après 100 ans d'apports et de pertes (concentration séculaire) si les pratiques de gestion en vigueur sont maintenues au cours de cette période. Étant donné que le risque est calculé pour 100 ans dans le futur, l'indicateur fournit un moyen d'identifier les sols et les pratiques de gestion auxquels il faudra accorder une attention particulière avant qu'un problème de contamination par les ET ne survienne.

La quantité d'ET qui s'échappe du sol est proportionnelle à la quantité d'ET présente dans le sol. Cependant, si les niveaux d'apports restent constants, à un moment donné dans un avenir éloigné, la concentration d'ET dans le sol atteindra un état d'équilibre entre les apports et les pertes. La concentration séculaire n'est pas un état stationnaire, mais elle constitue néanmoins une projection raisonnable à des fins de planification.

Les lignes directrices en matière de toxicité du Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME) du Canada indiquent la concentration à laquelle le sol peut être toxique pour certains organismes – qui vivent souvent dans le sol – mais les lignes directrices pour certains ET concernent expressément la santé humaine. Pour tenir compte des lignes directrices en matière de toxicité dans l'indicateur, on calcule un quotient de risque (QR) indiquant la toxicité potentielle, qui correspond à la concentration estimative d'ET dans le sol divisée par la concentration recommandée dans les lignes directrices du CCME. Ce QR peut être calculé pour les six éléments. Si le total est supérieur à 1, la superficie est classée comme présentant un risque potentiel.

Les concentrations de base de certains ET dans certains sols au Canada dépassent déjà les lignes directrices du CCME. Comme la *biote* de ces sols s'est sans doute adaptée aux concentrations naturellement élevées d'ET, les lignes directrices que le CCME a établies pour protéger l'ensemble des sols offriraient un niveau de protection excessif et le QR serait alors trompeur. C'est pourquoi on utilise un autre indicateur qui estime la mesure dans laquelle les concentrations séculaires dépassent les concentrations de base. Les résultats sont classés en cinq catégories : moins de 10 p. 100; entre 10 p. 100 et 30 p. 100; entre 30 p. 100 et 50 p. 100; entre 50 p. 100 et 100 p. 100; et plus de 100 p. 100. Étant donné la gamme et la variabilité des concentrations de base, une augmentation supérieure à la concentration de base d'environ 50 p. 100 est statistiquement significative. Chacun des six ET est considéré séparément, et le niveau de l'ET qui affiche la plus forte hausse par rapport à la concentration de base est retenu comme indicateur. Cette catégorie d'augmentation par rapport aux concentrations de base offre aussi une mesure plus sensible de l'influence des pratiques de gestion sur le taux d'accumulation des ET dans le sol.

Limites

L'indicateur est limité par la disponibilité des données sur les concentrations d'ET dans les produits agricoles et les concentrations de base d'ET dans les sols. Tous les changements aux concentrations d'ET ont été calculés, mais les augmentations inférieures à 50 p. 100 pourraient ne pas être statistiquement significatives. Il est à noter que les seuls apports modèles qui ont été modifiés entre 1981 et 2006 étaient la population animale et la superficie cultivée.

Les ajouts d'ET peuvent être très localisés, créant une *zone réactive* fortement concentrée dont l'importance potentielle peut être masquée par les vastes échelles nationale et provinciale utilisées pour l'indicateur.

Le QR n'est qu'un indicateur de risque; ce n'est pas une certitude. Il peut résulter d'un ET qui dépasse les lignes directrices du CCME ou de plusieurs ET qui ne font chacun que s'approcher des lignes directrices pertinentes du CCME. Cet indicateur a donc pour effet de signaler les cas où il conviendrait de mener une enquête plus détaillée.

L'augmentation par rapport aux concentrations de base n'indique pas le risque ou les dommages estimatifs, car le doublement d'une concentration de base très faible pourrait ne pas avoir de conséquences nocives, alors qu'une légère hausse d'une concentration de base élevée pourrait être toxique.

Résultats et interprétation

L'indicateur du risque de contamination des sols par les éléments traces montre que les pratiques en vigueur causent une accumulation d'ET dans de nombreux sols agricoles du Canada (figure 10-2) et qu'il pourrait y avoir des effets négatifs sur la productivité des cultures, l'accès aux marchés et la santé humaine et animale, particulièrement dans le cas des sols sableux consacrés aux productions animales ou végétales intensives, si ces pratiques ne sont pas modifiées ou si l'apport en ET augmente.

Dans l'ensemble, environ 1 p. 100 des terres agricoles du Canada se classaient dans la catégorie de risque très élevé pour les impacts toxiques (QR > 1) découlant de l'accumulation estimative d'ET, en supposant que les pratiques en vigueur soient maintenues pendant 100 ans (tableau 10-1). Ce pourcentage peut toutefois atteindre 16 p. 100 des terres agricoles dans certaines provinces. Dans l'ensemble, les sols à risque très élevé ont tendance à être des sols sableux à faible texture consacrés aux productions animales ou végétales intensives. Ces sols à risque très élevés se trouvent dans toutes les régions du Canada. L'absence de particules d'argile qui tendent à immobiliser les ET et à en gêner l'absorption par les plantes a pour effet d'accroître la disponibilité biologique des ET dans les sols sableux.

Le risque lié à la toxicité des ET au Canada n'a pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006.

Une mesure plus sensible de l'incidence des pratiques de gestion sur le taux d'accumulation d'ET dans le sol est l'augmentation des concentrations d'ET par rapport aux niveaux de base. Bien que les taux d'augmentation ne laissent pas entrevoir de dommages causés à la biote perceptible, ils représentent un changement appréciable et au moins partiellement évitable que nos pratiques de production causent dans les ressources en sols. Selon les données du recensement agricole de 2006, environ 16 p. 100 des sols agricoles du Canada verraient leurs concentrations d'ET augmenter de 30 p. 100 ou plus dans 100 ans (tableau 10-2). L'emplacement des terres affichant de telles augmentations par rapport aux concentrations de base (figure 10-3) reflète le rapport avec la population humaine et les activités agricoles. La plupart de ces terres sont situées dans le corridor fortement peuplé de Windsor-Québec (figure 10-3). On y trouve non seulement beaucoup de biosolides, mais aussi un grand nombre d'animaux d'élevage et une agriculture relativement intensive à fort niveau d'intrants. Les régions productrices de pommes de terre des Maritimes ont aussi un potentiel d'accumulation supérieur à la moyenne parce que les sols à texture légère demandent beaucoup d'engrais phosphatés. Dans les Prairies, la région située autour de Winnipeg se démarque, là encore parce qu'elle est proche d'un centre urbain et que l'industrie de l'élevage y est relativement récente et en croissance. On remarque aussi quelques parcelles isolées dans l'intérieur de la Colombie-Britannique, probablement à cause des sols sableux et de l'agriculture intensive.

Les pratiques en vigueur causent une accumulation d'ET dans de nombreux sols agricoles du Canada et il pourrait y avoir des effets négatifs sur la productivité des cultures, l'accès aux marchés et la santé humaine et animale

La source d'ET est un facteur important dans l'estimation du risque d'accumulation dans les sols. Même lorsque cette source est la même, les niveaux réels d'ET présentent des variations considérables, qui affecteront à leur tour les niveaux réels pénétrant dans le sol. Le tableau 10-3 montre les taux courants d'apports en ET de quatre grandes sources. En moyenne, les biosolides affichent les taux d'apports les plus élevés pour les six ET examinés (tableau 10-3). En général, les apports en As et en Cd des engrais sont plus élevés que ceux des aliments pour animaux, tandis que les apports en Cu et en Zn des aliments pour animaux sont plus élevés que ceux des engrais. Un facteur important à prendre en compte, c'est le fait que les sources n'ont pas toutes la même importance à l'échelle du pays. Bien que les biosolides affichent les plus grands apports en ET, leur application se limite à une partie relativement limitée de l'assise territoriale et ils constituent la principale source d'ET pour moins de 0,3 p. 100 des terres agricoles. Le tableau 10-4 montre la répartition des terres agricoles au Canada en fonction de la source dominante d'ET. Ainsi, les engrais sont la source dominante d'As et de Cd dans 32 p. 100 et 45 p. 100 respectivement des terres agricoles, tandis que les aliments pour animaux sont la principale source de Cu, de Se et de Zn pour environ 8 p. 100 des terres agricoles. La source dominante des ET varie d'une région à l'autre selon la combinaison de cultures et le nombre d'animaux d'élevage.

Quotient de risque

très faible	faible		élevé	très élevé	non évalué
<0.1	0.1–0.3	0.3–0.5	0.5–1.0	>1.0	

FIGURE 10-2 Indicateur d'éléments traces, 2006, montrant l'impact toxique potentiel d'un ou de plusieurs des éléments suivants : As, Cd, Cu, Pb, Se et Zn

TABLEAU 10-1 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque, 1981 et 2006

	Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque									
	Très faible (RQ<0.1)		Faible (0.1<RQ<0.3)				Élevé (0.5<RQ<1)		Très élevé (RQ>1)	
	1981	2006	1981	2006			1981	2006	1981	2006
BC	8	4	35	30	16	17	31	33	10	16
AB	5	5	38	38	43	42	14	14	<1	<1
SK	3	3	21	22	66	65	10	9	<1	<1
MB	12	12	16	16	46	46	23	23	2	2
ON	4	4	29	29	41	41	22	22	3	3
QC	0	0	0.2	0.2	99	98	0.4	0.2	0	0
NB	0	0	70	69	21	21	10	10	0	0
NS	0	0	26	27	41	41	31	31	1	1
PE	0	0	4	5	86	86	10	9	0	0
NL	0	0	56	67	20	22	12	5	11	6
CANADA	**5**	**5**	**26**	**26**	**54**	**54**	**14**	**14**	**1**	**1**

TABLEAU 10-3 Taux d'apports les plus courants (médians) (en grammes par hectare et par an) dans les 2 780 polygones des Pédo-paysages du Canada

Source d'ET	As	Cd	Cu	Pb	Se	Zn
Apports en ET de l'atmosphère sur toutes les terres	0.05	0.06	2.2	0.36	0.09	2.6
Apports en ET des engrais sur les terres fertilisées aux engrais	6.2	3.3	11	2.2	0.58	42
Apports en ET des aliments pour animaux sur les terres fertilisées au fumier	0.0	0.34	300	1.3	1.5	1500
Apports en ET des biosolides sur les terres traitées aux biosolides	14	64	2200	170	9.7	1400

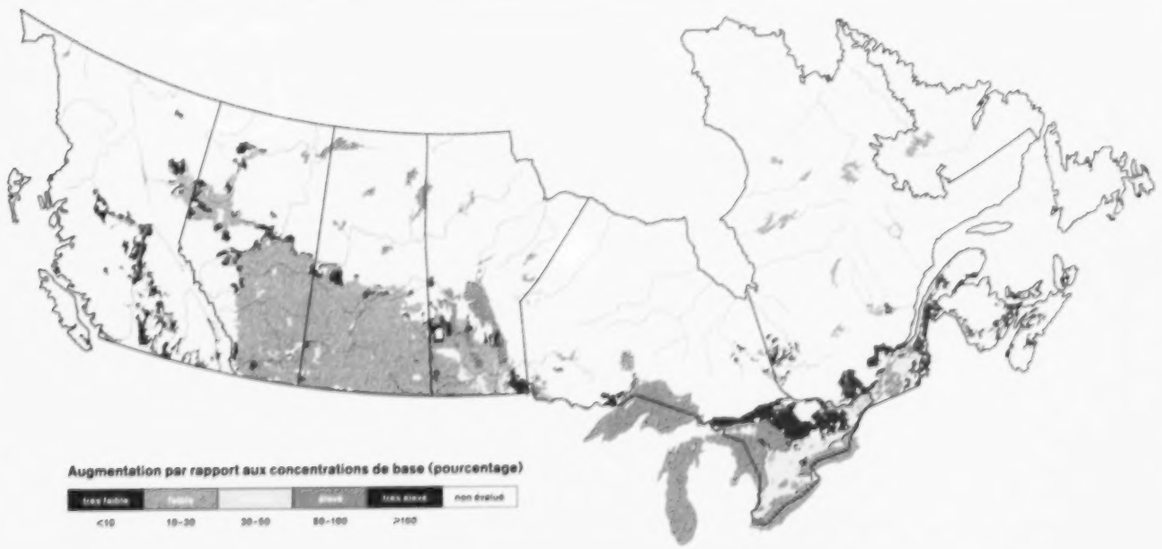


FIGURE 10-3 Pourcentage estimatif d'augmentation par rapport aux concentrations de base après 100 ans selon les pratiques en vigueur en 2006

TABLEAU 10-2 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories d'augmentation prévue des concentrations d'ET par rapport aux niveaux de base, 1981–2006

	Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories d'augmentation prévue des concentrations d'ET par rapport aux niveaux de base									
	Très faible (<10 p. 100 au-dessus du niveau de base)		Faible (de 10 p. 100 à 30 p. 100 au-dessus du niveau de base)				Élevé (de 50 p. 100 à 100 p. 100, au-dessus du niveau de base)		Très élevé (>100 p. 100 au-dessus du niveau de base)	
	1981	2006	1981	2006			1981	2006	1981	2006
BC	0	0	84	72	15	26	1	1	<1	<1
AB	0	0	87	90	13	10	0	0	0	0
SK	0	0	95	96	5	4	0	0	0	0
MB	0	0	81	82	19	17	0	1	0	0
ON	0	0	28	31	64	61	7	6	<1	<1
QC	0	0	47	25	42	49	10	24	<1	1
NB	0	0	20	11	63	59	17	30	<1	<1
NS	0	0	35	31	44	44	21	25	<1	<1
PE	0	0	9	0	85	76	5	24	0	<1
NL	0	0	18	43	57	47	25	9	<1	<1
CANADA	**0**	**0**	**81**	**84**	**17**	**14**	**1**	**2**	**<1**	**<1**

TABLEAU 10-4 Pourcentage de la superficie agricole où chaque apport en ET domine les concentrations estimatives dans le sol

Fraction	As	Cd	Cu	Pb	Se	Zn
Pourcentage dominé par les apports de l'atmosphère et des engrais	32	45	0.00	11	0.00	0.00
Pourcentage dominé par les apports des aliments pour animaux	0,0	3,3	8,4	1,4	8,5	8,5
Pourcentage dominé par les apports des biosolides	0,04	0,05	0,24	0,24	0,24	0,24

TABLEAU 10-5 Pourcentage de changement dans les populations animales et humaine entre 1981 et 2006

	Bovins à viande	Vaches laitières	Porcs	Poulets à griller	Êtres humains
BC	11	−17	−50	146	74
AB	71	−30	64	53	62
SK	41	−67	127	32	21
MB	54	−47	208	56	12
ON	−19	−34	17	48	69
QC	38	−41	23	35	65
NB	1	−30	22	63	27
NS	−9	−37	−32	61	22
PE	21	−39	7	2060*	77
NL	−2	102	−92	−100	24
CANADA	**41**	**-37**	**46**	**55**	**64**

Bien que ce pourcentage soit élevé, l'augmentation du nombre réel de poulets n'est pas si remarquable, car il y avait probablement un seul élevage de poulets en 1981 à l'Île-du-Prince-Édouard.

Mesures d'intervention possibles

La contamination par les ET est une conséquence quasi inévitable de la civilisation. Étant donné les méthodes modernes d'agriculture et la croissance de la population urbaine, il n'est pas réaliste de chercher à éliminer complètement la contamination (aucun nouvel apport d'ET) ou l'accumulation (aucune augmentation nette des concentrations d'ET) dans le sol. Dans l'éventualité de changements technologiques ou des recherches qui pourraient aider à atténuer ou à réduire l'apport d'ET aux sols, un objectif raisonnable pourrait être de définir un horizon temporel de 100 ans et d'éviter la toxicité potentielle des sols durant cette période. Vu les pertes continuelles d'ET par lessivage, par exportation des cultures et par volatilisation, la cessation des apports en ET ramènera très lentement les concentrations aux niveaux de base. Il serait plus pratique de maintenir la santé des sols en réduisant les apports en ET.

Dans les régions où les ET risquent d'atteindre des niveaux toxiques ou quasi toxiques, il faut tenir compte des points clés suivants :

- Les producteurs doivent veiller à ce que les concentrations d'ET présentes dans les aliments pour animaux ne dépassent pas les besoins nutritionnels. Ils ont actuellement tendance à utiliser la quantité maximale permise d'ET parce que les ET ne coûtent pas cher et ils font valoir que la santé et le bien-être des animaux sont essentiels à la production.
- L'utilisation d'As et de Zn en doses pseudo-pharmaceutiques suscite de l'intérêt. Il faudrait mener une analyse holistique pour comparer les avantages d'une telle utilisation au risque de contamination des sols.
- Les décideurs ont besoin d'information sur la durabilité à long terme (sur plusieurs siècles) par rapport à la rentabilité immédiate des exploitations agricoles. Comme il est pratiquement certain que les ET s'accumuleront dans le sol, il faut faire des recherches pour déterminer dans combien de temps un impact pourrait se produire. On pourrait en savoir plus en mettant l'accent sur les processus qui mènent à la perte des ET. Pour réduire l'utilisation excessive des ET dans les aliments pour animaux, il faut faire des recherches qui permettraient de rapprocher les niveaux nutritionnels jugés suffisants des niveaux requis pour assurer la productivité des méthodes d'élevage modernes.

Références

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. (2006). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement.* Ottawa (Ont.), Canada, Environnement Canada.

Öborn, I., Edwards, A.C., Witter, E., Oenema, O., Ivarsson, K., Withers, P.J., Nilsson, S.I., et Stinzing, A.R. (2003). Element balances as a tool for sustainable nutrient management: A critical appraisal of their merits and limitations within an agronomic and environmental context. *European Journal of Agronomy 20* 211-225.

11 Salinité du sol

AUTEURS
B.H. Wiebe, W.D. Eilers et J.A. Brierley

NOM DE L'INDICATEUR
Risque de salinisation du sol (RSS)

PORTÉE
Échelle provinciale (Alberta, Saskatchewan, Manitoba), 1981 à 2006

Sommaire

Les sels solubles constituent une composante intrinsèque des sols et des eaux souterraines des Prairies canadiennes. La salinisation du sol est le phénomène qui se produit lorsque le mouvement naturel de l'eau dans le sol entraîne l'accumulation de ces sels dans certaines parties du paysage. Les accumulations de sels solubles à des concentrations suffisamment élevées peuvent empêcher les plantes d'absorber l'eau et les éléments nutritifs et réduire ainsi le rendement. Les pratiques d'utilisation des terres peuvent avoir un impact marqué sur l'écoulement de l'eau dans et à travers le sol. Certaines pratiques, comme la mise en jachère, favorisent le stockage de l'eau dans le sol, ce qui peut entraîner une élévation de la nappe phréatique et une augmentation de la concentration de sels solubles dans la rhizosphère dans les parties sensibles du paysage. Par contre, les cultures sous couverture végétale permanente telles que les cultures fourragères, arbustives et de pâture maximisent l'utilisation de l'humidité du sol et pourraient donc abaisser la nappe phréatique, réduisant ainsi le risque de salinisation. On a mis au point l'Indicateur du risque de salinisation du sol (IRSS) pour évaluer l'impact des pratiques changeantes d'utilisation des terres sur le risque de salinisation du sol dans les terres arides des Prairies.

En 2006, 80 p. 100 des terres agricoles des Prairies se classaient dans la catégorie de risque très faible de salinisation, ce qui représente une hausse de 12 p. 100 par rapport à 1981. Le pourcentage de terres dans les catégories de risque modéré, élevé et très élevé est passé de 16 p. 100 en 1981 à 9 p. 100 en 2006. Ces améliorations peuvent être attribuées en grande partie à la réduction constante de la superficie en jachère, qui a diminué de 6 millions d'hectares (-64 p. 100), et à l'augmentation de la superficie sous couverture végétale permanente, qui a atteint 3,8 million d'hectares (+11 p. 100). Des améliorations ont été notées dans chacune des provinces des Prairies, particulièrement en Saskatchewan. Bien que les changements apportés aux pratiques d'utilisation des terres depuis 1981 aient fait baisser le risque de salinisation et révèlent une tendance à l'amélioration de la santé du sol et de la durabilité agroenvironnementale, il faut procéder avec prudence pour s'assurer que les futures pratiques, qui sont sensibles aux pressions économiques et à la demande du marché, pourront aider à préserver ou à consolider ces gains.

L'enjeu

La salinisation des terres non irriguées est un processus naturel qui survient dans les régions où les sols et les eaux souterraines présentent un déficit hydrique et ont une teneur en sel naturellement élevée. Bien qu'il puisse y avoir de petites zones isolées de sols à salinité élevée dans d'autres régions du Canada, c'est dans les Prairies que le problème prend toute son importance. Le processus commence dans les zones où l'eau de pluie et de neige fondue dépasse les besoins des plantes. Cette eau s'infiltre sous la rhizosphère, dissolvant les sels et les charriant jusqu'aux eaux souterraines, lesquelles entraînent les sels vers d'autres parties du paysage où la nappe phréatique est plus proche de la surface. Lorsque l'eau est proche de la surface, elle s'évapore et concentre les sels à la surface du sol ou à proximité ou dans des plans d'eau de surface (figure 11-1).

Des concentrations élevées de sels dans l'eau du sol réduisent la capacité des plantes à absorber l'eau et les éléments nutritifs, ce qui expose les plantes à des conditions de sécheresse. À de faibles concentrations, les sels ne sont pas nuisibles et peuvent en fait fournir d'importants éléments nutritifs à la plante. Cependant, avec l'augmentation des concentrations de sel, l'effet de sécheresse peut être si prononcé que même les plantes tolérantes au sel ne peuvent plus pousser. Les sols à faible salinité influent sur la croissance et le rendement de la plupart des cultures, et une salinité modérée à élevée réduit d'au moins 50 p. 100 le rendement de la plupart des céréales et oléagineux.

La sensibilité aux sels varie selon le type de culture. Par exemple, les cultures sensibles au sel telles que les haricots comestibles sont affectées à des niveaux de salinité plus faibles et dans une plus grande mesure que les céréales et oléagineux. Le degré de salinité (quantité de sels solubles) du sol a donc un impact important sur les espèces ou les variétés qui peuvent être cultivées avec succès. Selon les estimations de Steppuhn (1996), 10 millions d'hectares de terres arables et de pâturages permanents des Prairies, bien que non considérés comme salins, sont affectés par un faible taux de salinité et pourraient être incapables d'atteindre des niveaux de production équivalant au potentiel

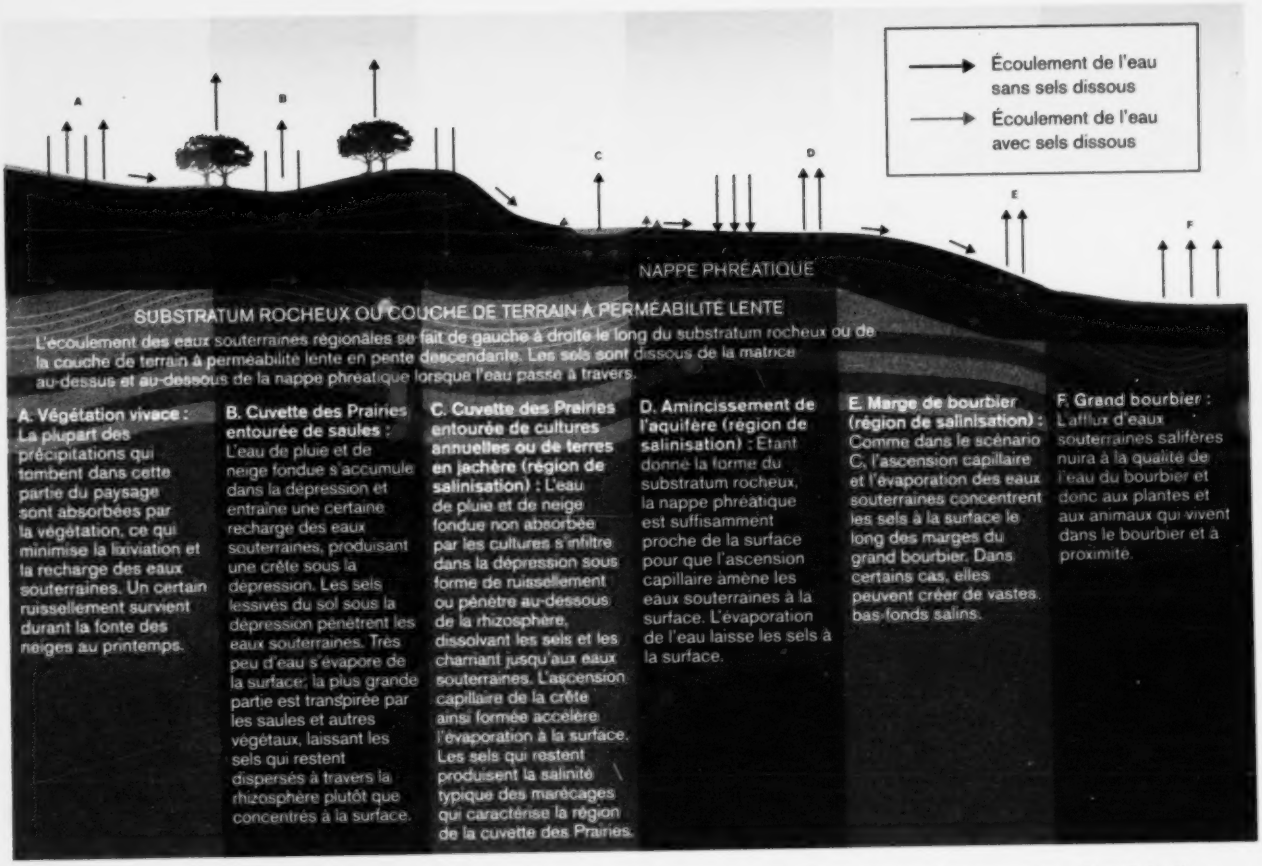


FIGURE 11-1 Redistribution conceptualisée de l'eau et des sels dans un paysage régional, illustrant les processus de salinisation possibles des terres non irriguées

des plantes. Environ 1 million d'hectares de sols de surface dans cette région affichent un degré modéré à élevé de salinité (Wiebe et coll., 2006). La qualité des eaux de surface et des eaux souterraines peu profondes peut aussi être affectée par les sels solubles issus du processus de salinisation des terres non irriguées (Miller et coll., 1981).

Le processus de salinisation du sol est influencé par de nombreux facteurs indépendants de la volonté humaine. Ces facteurs comprennent le climat (taux de déficit hydrique), la salinité intrinsèque du sol, la topographie, les caractéristiques géologiques sous-jacentes et l'hydrologie. Ceci signifie que l'existence de sols salins dénote des conditions environnementales naturelles favorables au processus de salinisation. Les pratiques d'utilisation des terres peuvent toutefois avoir une influence positive ou négative marquée sur le processus de salinisation en modifiant l'utilisation de l'eau dans le paysage.

L'indicateur

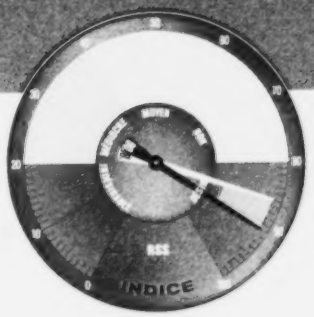
L'Indicateur du risque de salinisation du sol (IRSS) estime le risque de salinisation accrue associé à l'évolution des pratiques d'utilisation et de gestion des terres agricoles. Il est calculé en tant qu'indice de risque de salinité (IRS) non unitaire, lequel tient compte des pondérations attribuées à chacun des facteurs qui contrôlent ou influencent le processus de salinisation. Le calcul se fonde sur les facteurs suivants :

- la salinité des sols du territoire, selon une compilation montrant la présence et l'étendue des terres à salinité modérée à élevée dans les Prairies (Wiebe et coll., 2006; 2007);
- la topographie – y compris l'inclinaison et la position des pentes;
- le drainage des sols;
- les déficits hydriques d'origine climatique en saison de croissance;
- l'utilisation des terres, selon les données du Recensement de l'agriculture pour 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006.

On considère que les quatre premiers facteurs indiciels restent constants dans le temps, mais que les changements apportés à l'utilisation des terres se répercutent sur l'indice. Les experts en salinité ont attribué une valeur de pondération à chaque facteur selon l'influence de ce facteur sur le processus de salinisation du sol. Ils associent, par exemple, les terres en jachère au risque le plus élevé, les terres sous couverture végétale permanente au risque le plus faible et les terres vouées aux cultures annuelles à un risque intermédiaire. Le facteur « utilisation des terres » est donc basé sur les proportions relatives des terres en jachère, des terres sous couverture végétale permanente et des terres consacrées aux cultures annuelles dans chaque polygone des PPC.

Les valeurs indicielles ont été divisées en cinq catégories de risque après consultation des experts en salinité dans chacune des

11 Salinité du sol



AUTEURS

B.H. Wiebe, W.D. Eilers et J.A. Brierley

NOM DE L'INDICATEUR

Risque de salinisation du sol (RSS)

PORTÉE

Échelle provinciale (Alberta, Saskatchewan, Manitoba)
1981 à 2006

Sommaire

Les sels solubles constituent une composante intrinsèque des sols et des eaux souterraines des Prairies canadiennes. La salinisation du sol est le phénomène qui se produit lorsque le mouvement naturel de l'eau dans le sol entraîne l'accumulation de ces sels dans certaines parties du paysage. Les accumulations de sels solubles à des concentrations suffisamment élevées peuvent empêcher les plantes d'absorber l'eau et les éléments nutritifs et réduire ainsi le rendement. Les pratiques d'utilisation des terres peuvent avoir un impact marqué sur l'écoulement de l'eau dans et à travers le sol. Certaines pratiques, comme la mise en jachère, favorisent le stockage de l'eau dans le sol, ce qui peut entraîner une élévation de la nappe phréatique et une augmentation de la concentration de sels solubles dans la rhizosphère dans les parties sensibles du paysage. Par contre, les cultures sous couverture végétale permanente telles que les cultures fourragères, arbustives et de pâture maximisent l'utilisation de l'humidité du sol et pourraient donc abaisser la nappe phréatique, réduisant ainsi le risque de salinisation. On a mis au point l'Indicateur du risque de salinisation du sol (IRSS) pour évaluer l'impact des pratiques changeantes d'utilisation des terres sur le risque de salinisation du sol dans les terres arides des Prairies.

En 2006, 80 p. 100 des terres agricoles des Prairies se classaient dans la catégorie de risque très faible de salinisation, ce qui représente une hausse de 12 p. 100 par rapport à 1981. Le pourcentage de terres dans les catégories de risque modéré, élevé et très élevé est passé de 16 p. 100 en 1981 à 9 p. 100 en 2006. Ces améliorations peuvent être attribuées en grande partie à la réduction constante de la superficie en jachère, qui a diminué de 6 millions d'hectares (-64 p. 100), et à l'augmentation de la superficie sous couverture végétale permanente, qui a atteint 3,8 million d'hectares (+11 p. 100). Des améliorations ont été notées dans chacune des provinces des Prairies, particulièrement en Saskatchewan. Bien que les changements apportés aux pratiques d'utilisation des terres depuis 1981 aient fait baisser le risque de salinisation et révèlent une tendance à l'amélioration de la santé du sol et de la durabilité agroenvironnementale, il faut procéder avec prudence pour s'assurer que les futures pratiques, qui sont sensibles aux pressions économiques et à la demande du marché, pourront aider à préserver ou à consolider ces gains.

L'enjeu

La salinisation des terres non irriguées est un processus naturel qui survient dans les régions où les sols et les eaux souterraines présentent un déficit hydrique et ont une teneur en sel naturellement élevée. Bien qu'il puisse y avoir de petites zones isolées de sols à salinité élevée dans d'autres régions du Canada, c'est dans les Prairies que le problème prend toute son importance. Le processus commence dans les zones où l'eau de pluie et de neige fondue dépasse les besoins des plantes. Cette eau s'infiltre sous la rhizosphère, dissolvant les sels et les charriant jusqu'aux eaux souterraines, lesquelles entraînent les sels vers d'autres parties du paysage où la nappe phréatique est plus proche de la surface. Lorsque l'eau est proche de la surface, elle s'évapore et concentre les sels à la surface du sol ou à proximité ou dans des plans d'eau de surface (figure 11-1).

Des concentrations élevées de sels dans l'eau du sol réduisent la capacité des plantes à absorber l'eau et les éléments nutritifs, ce qui expose les plantes à des conditions de sécheresse. À de faibles concentrations, les sels ne sont pas nuisibles et peuvent en fait fournir d'importants éléments nutritifs à la plante. Cependant, avec l'augmentation des concentrations de sel, l'effet de sécheresse peut être si prononcé que même les plantes tolérantes au sel ne peuvent plus pousser. Les sols à faible salinité influent sur la croissance et le rendement de la plupart des cultures, et une salinité modérée à élevée réduit d'au moins 50 p. 100 le rendement de la plupart des céréales et oléagineux.

La sensibilité aux sels varie selon le type de culture. Par exemple, les cultures sensibles au sel telles que les haricots comestibles sont affectées à des niveaux de salinité plus faibles et dans une plus grande mesure que les céréales et oléagineux. Le degré de salinité (quantité de sels solubles) du sol a donc un impact important sur les espèces ou les variétés qui peuvent être cultivées avec succès. Selon les estimations de Steppuhn (1996), 10 millions d'hectares de terres arables et de pâturages permanents des Prairies, bien que non considérés comme salins, sont affectés par un faible taux de salinité et pourraient être incapables d'atteindre des niveaux de production équivalant au potentiel

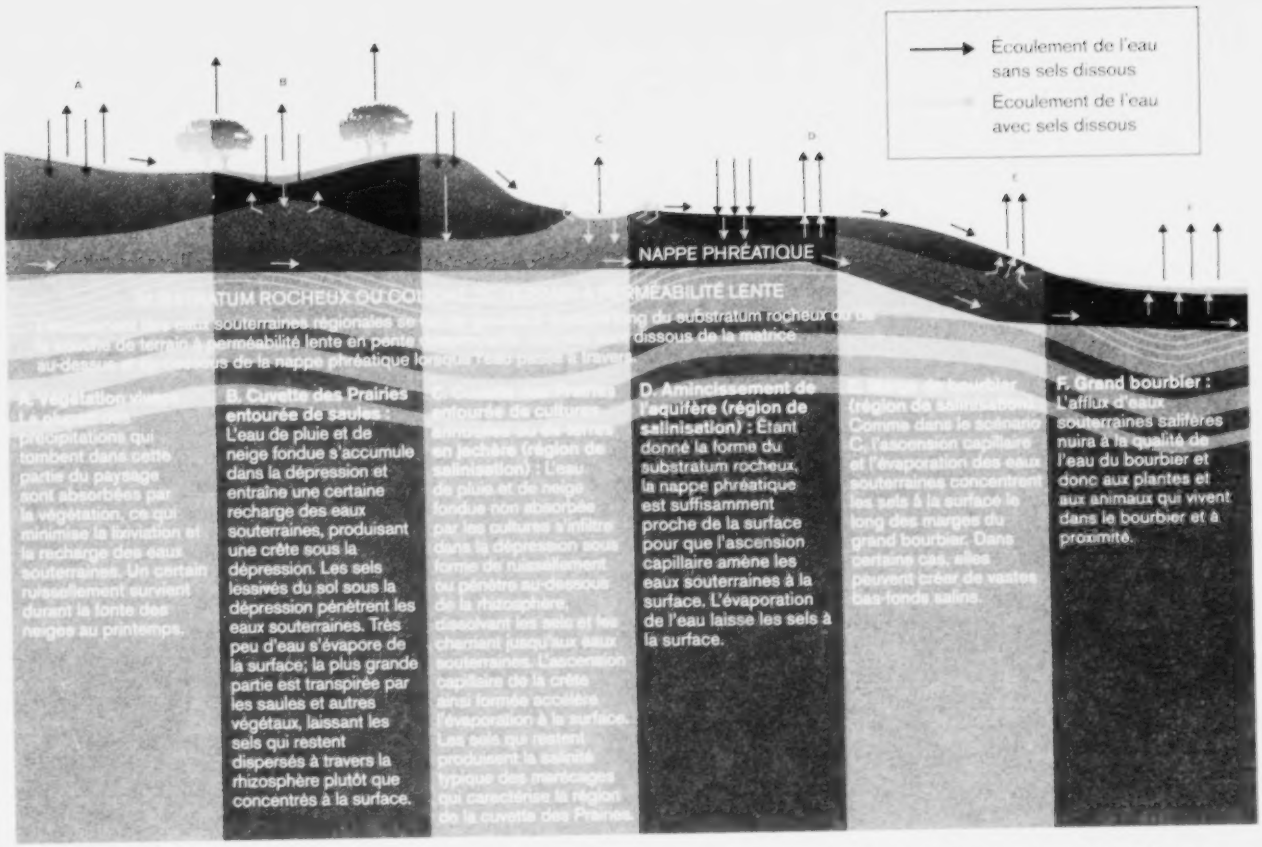


FIGURE 11-1 Redistribution conceptualisée de l'eau et des sels dans un paysage régional, illustrant les processus de salinisation possibles des terres non irriguées

des plantes. Environ 1 million d'hectares de sols de surface dans cette région affichent un degré modéré à élevé de salinité (Wiebe et coll., 2006). La qualité des eaux de surface et des eaux souterraines peu profondes peut aussi être affectée par les sels solubles issus du processus de salinisation des terres non irriguées (Miller et coll., 1981).

Le processus de salinisation du sol est influencé par de nombreux facteurs indépendants de la volonté humaine. Ces facteurs comprennent le climat (taux de déficit hydrique), la salinité intrinsèque du sol, la topographie, les caractéristiques géologiques sous-jacentes et l'hydrologie. Ceci signifie que l'existence de sols salins dénote des conditions environnementales naturelles favorables au processus de salinisation. Les pratiques d'utilisation des terres peuvent toutefois avoir une influence positive ou négative marquée sur le processus de salinisation en modifiant l'utilisation de l'eau dans le paysage.

L'indicateur

L'indicateur du risque de salinisation du sol (IRSS) estime le risque de salinisation accrue associé à l'évolution des pratiques d'utilisation et de gestion des terres agricoles. Il est calculé en tant qu'indice de risque de salinité (IRS) non unitaire, lequel tient compte des pondérations attribuées à chacun des facteurs qui contrôlent ou influencent le processus de salinisation. Le calcul se fonde sur les facteurs suivants :

- la salinité des sols du territoire, selon une compilation montrant la présence et l'étendue des terres à salinité modérée à élevée dans les Prairies (Wiebe et coll., 2006; 2007);
- la topographie – y compris l'inclinaison et la position des pentes;
- le drainage des sols;
- les déficits hydriques d'origine climatique en saison de croissance;
- l'utilisation des terres, selon les données du Recensement de l'agriculture pour 1981, 1986, 1991, 1996, 2001 et 2006.

On considère que les quatre premiers facteurs indiciels restent constants dans le temps, mais que les changements apportés à l'utilisation des terres se répercutent sur l'indice. Les experts en salinité ont attribué une valeur de pondération à chaque facteur selon l'influence de ce facteur sur le processus de salinisation du sol. Ils associent, par exemple, les terres en jachère au risque le plus élevé, les terres sous couverture végétale permanente au risque le plus faible et les terres vouées aux cultures annuelles à un risque intermédiaire. Le facteur « utilisation des terres » est donc basé sur les proportions relatives des terres en jachère, des terres sous couverture végétale permanente et des terres consacrées aux cultures annuelles dans chaque polygone des PPC.

Les valeurs indicielles ont été divisées en cinq catégories de risque après consultation des experts en salinité dans chacune des

provinces des Prairies. Comme chaque type de sol et combinaison de paysages présente un risque différent de salinisation, un IRS pondéré d'après la superficie a aussi été calculé pour chaque polygone des PPC et utilisé pour attribuer une catégorie de risque à ce polygone aux fins de cartographie.

Limites

Certaines composantes du calcul de l'indicateur sont maintenues constantes afin de permettre une évaluation du risque fondée sur les pratiques actuelles et éventuelles d'utilisation des terres et d'assolement. Il reste que les déficits hydriques durant la saison de croissance varient d'une année à l'autre. Une variation annuelle importante du risque de salinisation due à la variabilité des conditions météorologiques ne serait donc pas prise en compte dans l'indicateur. De plus, l'utilisation des terres non agricoles (routes, fossés, couloirs de circulation) influence l'écoulement des eaux de surface et des eaux souterraines et peut donc agir sur la salinisation du sol. Cette utilisation n'est pas non plus prise en compte dans la présente analyse à grande échelle.

Les diverses pratiques d'utilisation des terres et d'assolement mentionnées dans le Recensement de l'agriculture ont été regroupées en trois catégories : la production de cultures, la conservation sous couverture végétale permanente et la mise en jachère. L'eau est utilisée de façon plus ou moins efficiente selon la culture, ce qui, en théorie, pourrait influencer le processus de salinisation. Nos connaissances à une échelle aussi vaste sont toutefois insuffisantes pour établir une distinction par culture. Toutes les cultures ont donc été regroupées dans la même catégorie. De même, la superficie sous couverture végétale permanente incluait les pâturages, bonifiés ou non, les terres à foin et les terres consacrées aux cultures fourragères, ainsi que toutes les autres catégories du recensement des terres.

Résultats et interprétations

Au Canada, c'est seulement dans les Prairies qu'on rencontre dans une grande mesure les déficits hydriques et la salinité intrinsèque des sols et/ou des eaux souterraines nécessaires à la salinisation des terres non irriguées. L'IRSS est donc calculé seulement pour les régions agricoles du Manitoba, de la Saskatchewan et de l'Alberta (figure 11-2). La plupart des terres de la Saskatchewan et de l'Alberta qui présentent un risque de salinisation du sol se trouvent dans le sud, plus aride, de la province (zones de *sols bruns* et *brun foncé*). Malgré un climat plus humide que les autres provinces des Prairies, le Manitoba possède d'importantes superficies présentant des facteurs de risque naturellement élevés pour la salinisation, dont des paysages relativement plats, un drainage peu efficace et de vastes étendues d'eaux souterraines salines près de la surface.

La superficie à risque de salinisation a diminué pour chaque période de recensement entre 1981 et 2006 (tableau 11-1). À l'échelle des Prairies, la proportion de terres a augmenté dans la catégorie de risque très faible mais diminué dans toutes les autres catégories. Entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres agricoles est passé de 66 p. 100 à 80 p. 100 dans la catégorie de risque très faible, de 19 p. 100 à 11 p. 100 dans la catégorie de risque faible, et de 16 p. 100 à 9 p. 100 dans la catégorie de risque modéré à très élevé. Malgré des fluctuations plus prononcées des valeurs provinciales entre les recensements, les trois provinces des Prairies affichaient une diminution substantielle du risque de salinisation sur les six années de recensement incluses dans l'analyse. En ce qui concerne les polygones des PPC qui ont changé de catégorie de risque entre 1981 et 2006, la majorité a progressé d'une catégorie et plusieurs, de deux catégories, tandis que quelques-uns ont reculé d'une catégorie (figure 11-3). Les principaux gains au chapitre des terres à risque très faible ont été enregistrés depuis 1996, la Saskatchewan affichant la plus grande amélioration.

Les principales causes de l'amélioration révélée par l'indicateur sont la réduction des terres en jachère et l'augmentation de la superficie sous couverture végétale permanente. Depuis 1981, la superficie en jachère a diminué de plus de 6 millions d'hectares (-64 p. 100), la Saskatchewan affichant la baisse la plus marquée (figure 11-4). La superficie sous couverture végétale permanente a augmenté de 3,8 millions d'hectares (+11 p. 100) sur la même période, le changement le plus prononcé survenant encore une fois en Saskatchewan, particulièrement depuis 1996 (figure 11-5). La réduction de la superficie en jachère est notamment attribuable à l'adoption de techniques agronomiques rendant plus efficace l'utilisation de l'eau disponible dans le sol et permettant la culture continue ou la rotation culturale prolongée en *culture sèche*, l'accessibilité de méthodes chimiques appropriées et économiques de lutte contre les mauvaises herbes ainsi que la conversion de terres marginales en terres en culture couvre-sol ou en pâturage dans toute la région. Malgré une amélioration générale, certaines zones affichaient un risque accru de salinisation dû à une augmentation de la superficie en jachère et/ou à une réduction des terres sous couverture végétale permanente.

Mesures d'intervention possibles

La gestion de l'eau du sol est essentielle à la réduction du risque de salinisation et à l'amélioration des sols salins existants. La distribution inégale et l'infiltration des eaux de pluie ou de neige fondue contribuent de façon importante au processus de salinisation en élevant le niveau de la nappe phréatique dans les parties vulnérables du paysage. La façon la plus efficace de faire obstacle à la redistribution des sels à l'intérieur d'un paysage – et donc de prévenir la salinisation du sol – est de réduire ces eaux de ruissellement et d'accroître la quantité de précipitation utilisée par les plantes ou les cultures.

Bien que l'humidité excédentaire aide à filtrer les sels et à les réduire au point de lixiviation, les eaux souterraines salifères peuvent s'infiltrer jusque dans les terres basses du paysage et s'évaporer, favorisant ainsi la salinisation du sol à ces endroits. Les pratiques de gestion bénéfiques (PGB) qui tiennent compte de cette redistribution de l'humidité et des sels comprennent :

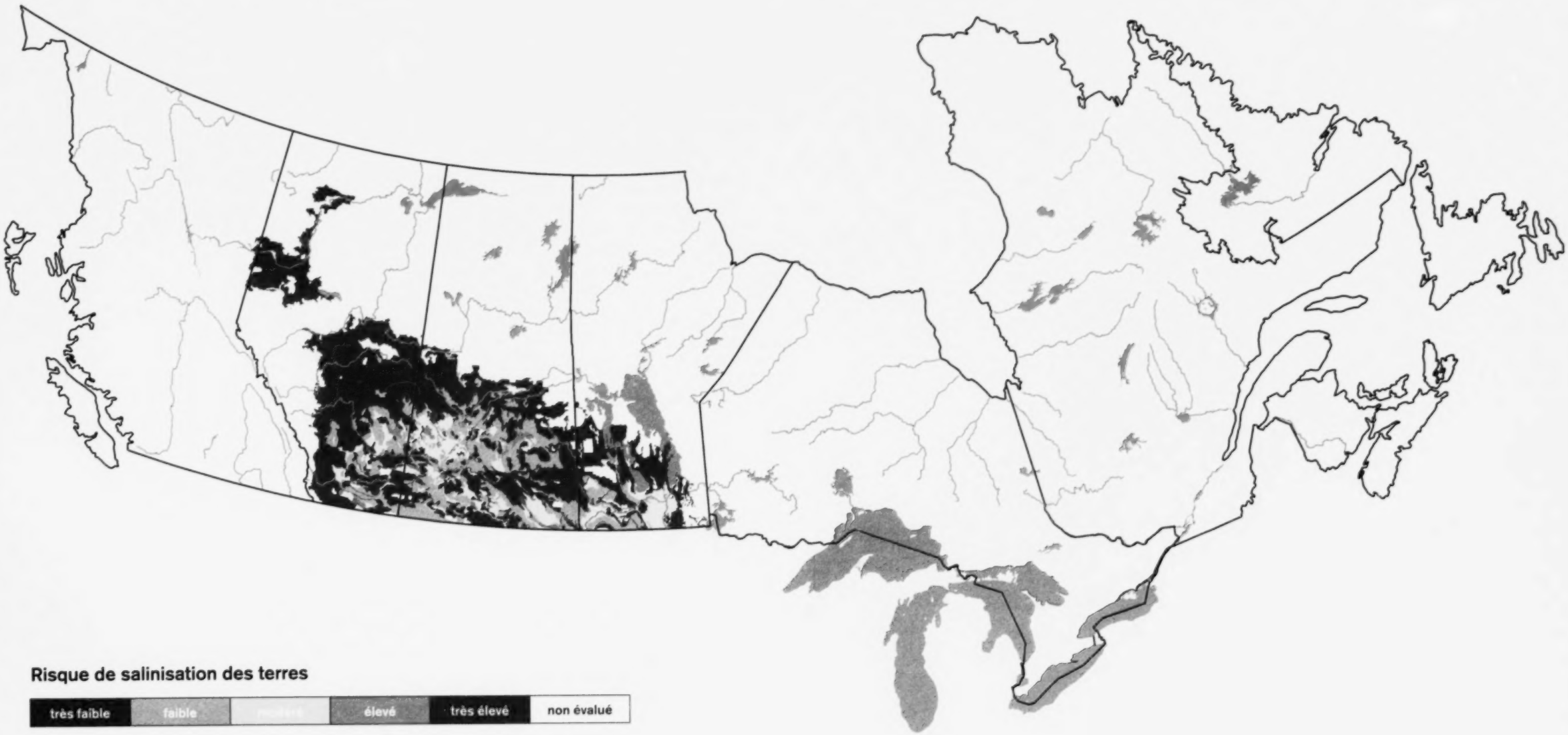


FIGURE 11-2 Risque de salinisation des terres non irriguées dans les Prairies, selon les pratiques d'utilisation des terres déclarées dans le Recensement de l'agriculture 2006

TABLEAU 11-1 Pourcentage de terres agricoles dans chaque catégorie de RSS, 1981–2006*

	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06							81	86	91	96	01	06	81	86	91	96	01	06
AB	81	82	85	86	86	89	12	12	9	9	9	7	4	4	4	3	3	2	2	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
SK	65	63	69	66	69	72	8	11	9	12	10	10	18	17	16	17	17	15	7	7	5	5	4	3	3	2	1	1	1	0
MB	53	56	56	61	69	75	28	26	26	24	20	15	11	11	11	9	5	4	2	2	2	2	3	3	6	5	5	4	3	3
PRAIRIES	**66**	**67**	**69**	**71**	**75**	**80**	**19**	**18**	**17**	**16**	**14**	**11**	**9**	**9**	**9**	**8**	**6**	**5**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**4**	**3**	**3**	**3**	**2**	**2**

* Les chiffres ayant été arrondis, le total pourrait ne pas correspondre à exactement 100 p. 100.

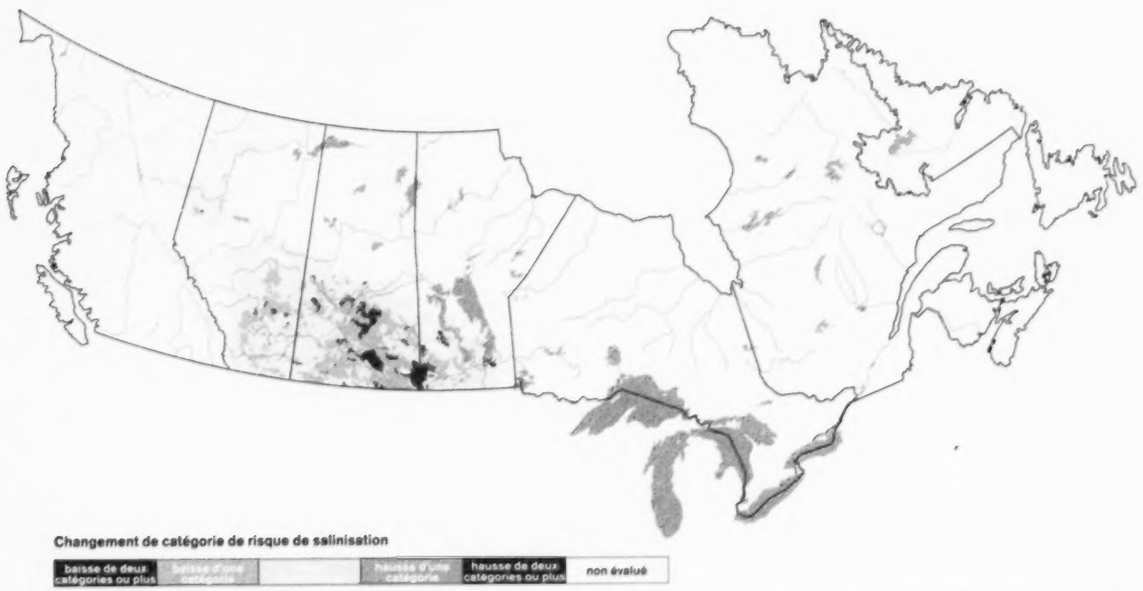


FIGURE 11-3 Changement de catégorie de risque de salinisation dû à l'évolution des pratiques d'utilisation des terres entre 1981 et 2006 (Prairies seulement)

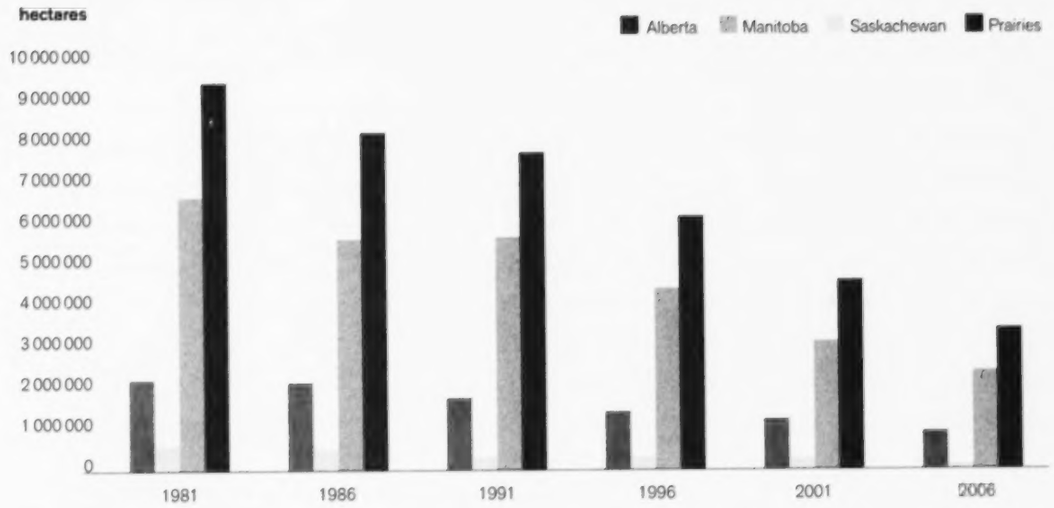


FIGURE 11-4 Superficie en jachère dans les Prairies canadiennes entre 1981 et 2006, telle que déclarée dans le Recensement de l'agriculture

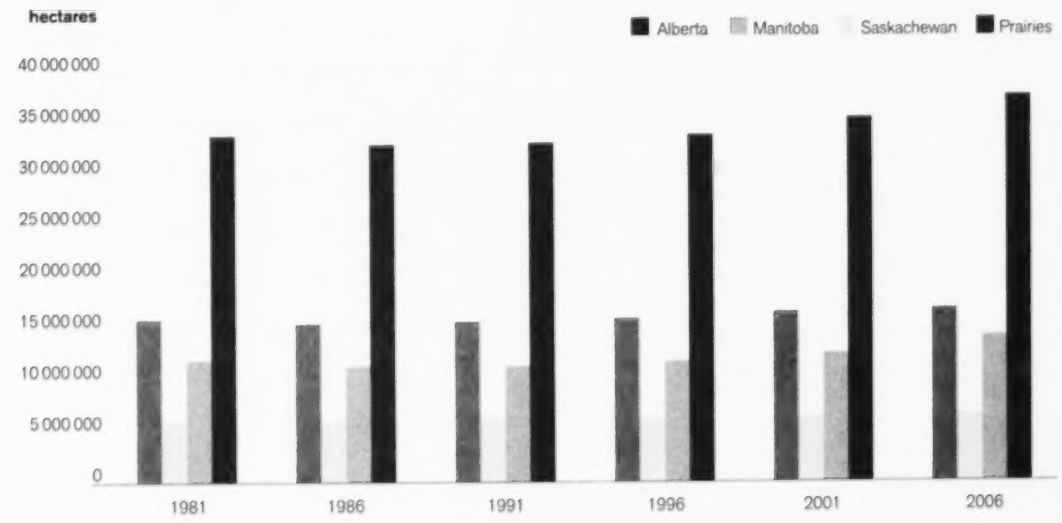


FIGURE 11-5 Superficie des terres sous couverture végétale permanente et des cultures vivaces dans les Prairies canadiennes entre 1981 et 2006, telle que déclarée dans le Recensement de l'agriculture

- la réduction de la superficie en jachère;
- l'augmentation de la superficie consacrée au pâturage et à la culture des *plantes fourragères vivaces* et des arbres;
- une gestion de la neige assurant une distribution plus uniforme de l'eau de neige fondue (afin de prévenir la formation de gros bancs de neige);
- l'augmentation de la superficie des terres où le travail du sol est réduit ou nul (afin d'encourager une infiltration plus uniforme des précipitations);
- une utilisation plus efficace des intrants comme les engrais minéraux et le fumier afin d'assurer la santé des cultures. Ceci permet aux plantes d'utiliser plus d'eau.

Lorsque la nappe phréatique est déjà si proche de la surface qu'elle pose un risque de salinisation, il faut employer des méthodes pour en abaisser le niveau. Ces méthodes peuvent comprendre ce qui suit :

- le semis de plantes vivaces à racines profondes pour abaisser le niveau de la nappe phréatique;
- l'utilisation de plantes tolérant mieux le sel dans les régions où le risque de salinisation est à la hausse (cette méthode maximise l'utilisation de l'eau afin de freiner le mouvement des sels jusqu'à la surface du sol);
- l'installation de bandes interceptrices de cultures fourragères vivaces ou de cultures arbustives afin de réduire l'écoulement des eaux souterraines jusqu'à la zone à risque;
- l'utilisation d'un système de drainage souterrain (plastique) aux endroits stratégiques;
- un drainage de surface adéquat afin de réduire la recharge;
- la surveillance du niveau de la nappe phréatique dans les régions vulnérables pour faciliter l'aménagement du territoire et permettre la mise en œuvre des PGB appropriées.

La pratique consistant à réduire le risque de salinisation doit prévoir l'amélioration des PGB et de leur mise en œuvre. Comme les eaux souterraines traversent souvent les lignes de propriété, une gestion efficace du risque de salinisation pourrait nécessiter la coordination des PGB ou des incitatifs par des districts de conservation ou des organismes gouvernementaux. Des données plus fiables sur l'étendue et le degré de salinisation des sols au Canada et les coûts connexes pour les agriculteurs aideraient à encourager ces activités.

En accordant une plus grande importante à la tolérance aux sels dans le cadre des programmes d'amélioration génétique des cultures, on offrirait aux producteurs un plus grand nombre d'options culturales dans les régions à risque. Les activités de conservation du sol (*travail du sol minimum* ou inexistant) sont à la hausse. Nous savons déjà que ces activités peuvent aider à améliorer la distribution de l'eau de neige fondue et à réduire la nécessité de laisser des terres en jachère, mais elles pourraient aussi accroître la recharge des eaux souterraines en préservant les canaux creusés par les racines des cultures. Il faudrait obtenir des renseignements plus détaillés sur l'effet hydrologique de ces activités pour mieux en évaluer l'impact sur le risque de salinisation.

Dans les régions arides, le processus de salinisation s'accélère après les années plus humides que la normale en raison de l'élévation du niveau de la nappe phréatique. L'accès à un plus grand nombre de données météorologiques en temps réel sur les précipitations annuelles et l'aridité de la saison de croissance devrait aider à améliorer l'évaluation du risque par rapport à la méthode actuelle, qui utilise seulement les normales sur 30 ans pour l'aridité de la saison de croissance dans le volet climatique. Il faut faire des études pour déterminer la meilleure façon d'intégrer de telles données en temps réel.

Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada. (1997). Normales climatologiques des écodistricts canadiens 1961-1990. Consulté le 24 mars 2009 sur http://sis.agr.gc.ca/siscan/nsdb/ecostrat/district/climate.html

Ball, J., Donnelley, L., Erlanger, P., Evans, R., Kollmorgen, A., Neal, B. *et coll.* (2001). *Inland Waters, Australia State of the Environment Report 2001*, Canberra, Australie, CSIRO Publishing.

Coote, D. R. (1983). Stresses on land under intensive agricultural use. Dans W. Simpson-Lewis, R. McKechinie et V. Neimanis (éd.), Les Terres du Canada : stress et impacts (p. 228-257). Ottawa (Ont.), Canada, Environnement Canada.

Eilers R.G., Eilers, W.D., Fitzgerald, M.M. (1997). A Salinity Risk Index for Soils of the Canadian Prairies. *Hydrogeology Journal*, 5, 68-79.

Lefebvre, A., Eilers, W., Chunn B. (éd.). (2005). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport n° 2*. Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Miler, M. R., Brown, P. L., Donovan, J. J., Bergatino, R. N., Sonderegger, J. L., Schmidt, F. A. (1981). Saline seep development and control in the North American Great Plains: Hydrogeological aspects. *Agricultural Water Management*, *4* 115-141.

Steppuhn, H. (1996). *What is soil salinity?* Exposé présenté à l'atelier « Soil Salinity Assessment », Lethbridge (Alb.), Canada.

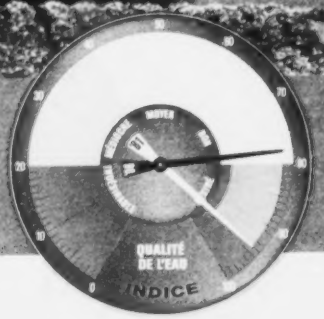
Vander Pluym, H. S. A. (1978). *Extent, causes and control of dryland saline seepage in the Northern Great Plains region of North America*. Délibérations de la Sub-commission on Salt Affected Soils, 11th International Soil Science Society Congress, Edmonton (Alb.).

Wiebe, B. H., Eilers, R. G., Eilers, W. D., Brierley, J. A. (2006). *The presence and extent of moderate to severe soil salinity on the Canadian Prairies*. Délibérations des réunions annuelles de la Manitoba Soil Science Society, Winnipeg (Man.).

Wiebe, B. H., Eilers, R. G., Eilers, W. D., Brierley, J. A. (2007). Application d'un indicateur des risques à l'évaluation des tendances de salinisation des terres arides dans les Prairies canadiennes. *Revue canadienne de la science du sol*, *87* 213-224.

Qualité de l'eau

12 Azote
13 Phosphore
14 Coliformes
15 Pesticides



Qualité de l'eau

12 Azote
13 Phosphore
14 Coliformes
15 Pesticides

Qualité de l'eau

Sommaire

L'agriculture utilise de nombreux intrants pour répondre à la demande toujours croissante d'aliments, de fibres et d'énergie. L'azote (N) et le phosphore (P) sont deux éléments nutritifs ajoutés aux cultures agricoles sous forme d'engrais et de fumier afin d'accroître les rendements. On applique des pesticides aux cultures pour prévenir les pertes de rendement et de qualité des cultures. Ces intrants peuvent toutefois se retrouver dans l'environnement global, particulièrement dans les eaux souterraines et de surface.

L'azote et le phosphore sont des éléments nutritifs essentiels à la croissance des plantes. La perte de N et de P dans l'écosystème élargi entraîne des pertes financières pour les producteurs et leur introduction dans le milieu ambiant peut avoir des répercussions sur l'environnement. L'azote excédentaire peut se perdre dans l'atmosphère sous forme de monoxyde d'azote (NO), d'oxyde nitreux (N_2O) (un gaz à effet de serre) ou d'azote gazeux (N_2), et risque d'être lessivé dans les plans d'eau voisins sous forme de nitrate (NO_3^-). La plus grande partie de l'azote résiduel dans le sol, qui se présente sous forme de NO_3^-, est soluble et donc susceptible d'être emportée vers des plans d'eau voisins, où des niveaux élevés de NO_3^- dans les eaux de surface peuvent favoriser la croissance des algues et l'eutrophisation et ont été liés à des impacts sur la santé humaine. De même, le phosphore peut se dissoudre ou s'attacher à des particules de sol. Des quantités excessives de phosphore dans les eaux de surface peuvent aussi contribuer à l'eutrophisation des rivières et des lacs et à la prolifération d'algues, altérant la qualité de l'eau et en limitant l'utilisation.

Le fumier d'origine animale est un engrais organique de valeur pour l'agriculture. Le fumier épandu sur les terres agricoles peut toutefois libérer des pathogènes – dont des virus, des bactéries et des protozoaires – dans l'environnement. La contamination de l'eau par ces pathogènes peut faire monter les coûts de traitement de l'eau, restreindre l'utilisation des eaux à usage récréatif, freiner l'expansion du secteur de l'élevage et nuire à la santé humaine.

On craint aussi que les pesticides appliqués aux terres agricoles ne soient transférés au milieu ambiant et finissent par contaminer les eaux souterraines et de surface, avec les répercussions négatives que cela pourrait entraîner sur la santé environnementale et humaine.

Cinq indicateurs agroenvironnementaux ont été élaborés et sont mentionnés ici afin d'évaluer le risque pour la qualité de l'eau associée à la gestion de ces intrants :

1. L'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) (chapitre 12.1) évalue l'efficacité avec laquelle l'azote est géré en estimant la quantité excédentaire d'azote qui reste dans le sol après la récolte.

2. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) (chapitre 12.2) lie l'indicateur d'azote résiduel dans le sol aux conditions climatiques et aux caractéristiques du sol afin d'évaluer le risque que l'azote soit emporté par lessivage vers les eaux souterraines.

3. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) (chapitre 13) estime le risque relatif que le phosphore agricole atteigne les eaux de surface des bassins versants canadiens. Il mesure non seulement les niveaux de phosphore à la source mais aussi la probabilité de transport.

4. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Col) (chapitre 14) évalue le risque relatif que des micro-organismes entériques de source agricole contaminent les eaux de surface en utilisant des coliformes en guise de marqueur.

5. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest) (chapitre 15) estime le risque relatif que les pesticides pénètrent dans les eaux souterraines et de surface des régions agricoles en conséquence des pratiques de gestion agricole en vigueur et compte tenu des propriétés chimiques des pesticides.

Bien que signalant rarement un risque élevé de contamination de l'eau au Canada en 2006, les cinq indicateurs révélaient une tendance à la hausse du risque entre 1981 et 2006:

- La plupart (78 p. 100) des terres agricoles couraient un très faible risque de contamination de l'eau par l'azote, mais on notait un mouvement graduel des terres vers des catégories de risque plus élevé en raison de l'augmentation progressive des quantités d'ARS durant la même période.
- En 2006, 33 p. 100 des terres agricoles se rangeaient dans la catégorie de risque très faible de contamination de l'eau par le phosphore, alors que ce chiffre était de 89 p. 100 en 1981. L'intensification de l'élevage et l'utilisation d'engrais minéraux continuent de créer des excédents régionaux de phosphore et d'accroître le risque que le phosphore présent dans les terres agricoles soit libéré et transporté jusqu'aux eaux de surface.
- La superficie cultivée dans la catégorie de risque très faible de contamination de l'eau par les coliformes est passée de 83 p. 100 en 1981 à 29 p. 100 en 2006. Les régions à risque élevé et très élevé de contamination de l'eau par les coliformes, qui constituent 7 p. 100 des terres agricoles canadiennes, se trouvaient dans les bassins versants de la Colombie-Britannique, de l'Alberta et de l'Ontario en 2006. La qualité de l'eau de ces bassins versants est en effet menacée par la concentration régionale des opérations d'engraissement du bétail et des facteurs de transport des coliformes.
- En 2006, 86 p. 100 des terres agricoles se classaient dans les catégories de risque faible et très faible de contamination de l'eau par les pesticides, ce qui représente néanmoins une baisse par rapport à 98 p. 100 en 1981. Compte tenu d'une surface plus grande de cultures agricoles, de même l'utilisation accrue des systèmes réduits de travaux du sol et le changement de types et de surfaces de cultures, l'utilisation des pesticides a connu une augmentation au cours de cette période.

12 Azote

Sommaire

On a de plus en plus tendance à épandre de l'azote (N), sous forme d'engrais et de fumier, sur les terres agricoles afin d'optimiser le rendement des cultures et de répondre à la demande accrue d'aliments pour les êtres humains et les animaux et les fibres. L'excès d'azote *inorganique* dans le sol peut toutefois poser des risques pour l'environnement et la santé humaine. Un objectif important des producteurs consiste donc à déterminer la quantité optimale d'azote à appliquer sous forme d'engrais ou de fumier pour produire des cultures saines sans créer un excès d'azote inorganique. L'application de la quantité appropriée d'azote aidera à réduire au minimum les pertes d'azote d'origine agricole.

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) mesure l'efficacité de l'application d'azote en estimant la quantité d'azote qui reste dans le sol à une profondeur de 60 cm à la fin de la saison des récoltes. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N), quant à lui, mesure le risque que l'ARS migre des terres agricoles aux eaux souterraines ou de surface avoisinantes.

La valeur moyenne de l'ARS à l'échelle nationale a augmenté de 175 p. 100 entre 1981 et 2002. L'ARS, qui était de 9,3 kg d'azote par hectare (9,3 kg N ha^{-1}) en 1981, a augmenté à 25,6 kg N ha^{-1} en 2002 avant de redescendre à 17,7 kg N ha^{-1} en 2006. Cette fluctuation a été aggravée par le rendement réduit des cultures (réduction des pertes d'azote) en 2001 et 2002, attribuable aux conditions météorologiques défavorables dans une grande partie du Canada. On a trouvé des niveaux plus élevés d'ARS en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve et Labrador, car les agriculteurs épandaient plus d'azote par hectare pour profiter du rendement potentiel accru de ces zones climatiques humides.

Entre 1981 et 2006, 78 p. 100 des terres agricoles canadiennes entraient dans la catégorie de risque très faible pour la contamination de l'eau par l'azote, ce qui correspond en grande partie au risque existant dans les trois provinces des Prairies, où sont situées 85 p. 100 des terres agricoles du Canada. Les régions du Centre et de l'Atlantique affichaient des tendances considérablement plus négatives, les terres agricoles se déplaçant vers les catégories de risque plus élevé, particulièrement dans les provinces de l'Atlantique. Les facteurs climatiques tels que le faible taux de précipitations de 2001 se répercutent eux aussi sur l'IRCE-N en affectant le rendement et la quantité d'azote absorbée ou emportée par lessivage dans de nombreuses régions du Canada.

Azote résiduel dans le sol

AUTEURS

C. F. Drury, J. Yang, R. De Jong, T. Huffman, X. Yang, K. Reid et C. A. Campbell

NOM DE L'INDICATEUR

Residual Soil Nitrogen

ETAT

National coverage, 1981 to 2006

L'enjeu

L'azote (N) est un *élément nutritif* essentiel nécessaire à toutes les plantes cultivées. La quantité d'azote prélevée des terres agricoles au moment de la récolte ou par les animaux en pâturage est beaucoup plus élevée que la quantité déposée par l'atmosphère. Certaines cultures légumineuses fixent l'azote atmosphérique et n'ont pas besoin d'azote supplémentaire. Cependant, pour optimiser le rendement de la plupart des autres cultures, il faut ajouter de l'azote aux sols en épandant des engrais ou du fumier.

L'azote qui reste dans le sol après la récolte risque d'être lessivé dans les eaux souterraines ou de se perdre dans l'atmosphère sous forme de gaz. La plus grande partie de l'azote résiduel dans le sol (ARS), qui se présente sous forme de nitrates (NO_3^-), est soluble et peut donc facilement pénétrer dans les eaux souterraines ou de surface par ruissellement ou par drainage (Drury et coll., 1996; 2009). Des niveaux élevés de NO_3^- dans les eaux de surface peuvent être préjudiciables à la vie aquatique (Guy, 2008), tandis que des niveaux élevés de NO_3^- dans l'eau potable peuvent causer des problèmes de santé humaine (Chambers et coll., 2001). L'humidité du sol peut favoriser la *dénitrification*, un processus bactérien par lequel le

Sommaire

On a de plus en plus tendance à épandre de l'azote (N), sous forme d'engrais et de fumier, sur les terres agricoles afin d'optimiser le rendement des cultures et de répondre à la demande accrue d'aliments pour les êtres humains et les animaux et les fibres. L'excès d'azote *inorganique* dans le sol peut toutefois poser des risques pour l'environnement et la santé humaine. Un objectif important des producteurs consiste donc à déterminer la quantité optimale d'azote à appliquer sous forme d'engrais ou de fumier pour produire des cultures saines sans créer un excès d'azote inorganique. L'application de la quantité appropriée d'azote aidera à réduire au minimum les pertes d'azote d'origine agricole.

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) mesure l'efficacité de l'application d'azote en estimant la quantité d'azote qui reste dans le sol à une profondeur de 60 cm à la fin de la saison des récoltes. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N), quant à lui, mesure le risque que l'ARS migre des terres agricoles aux eaux souterraines ou de surface avoisinantes.

La valeur moyenne de l'ARS à l'échelle nationale a augmenté de 175 p. 100 entre 1981 et 2002. L'ARS, qui était de 9,3 kg d'azote par hectare (9,3 kg N ha^{-1}) en 1981, a augmenté à 25,6 kg N ha^{-1} en 2002 avant de redescendre à 17,7 kg N ha^{-1} en 2006. Cette fluctuation a été aggravée par le rendement réduit des cultures (réduction des pertes d'azote) en 2001 et 2002, attribuable aux conditions météorologiques défavorables dans une grande partie du Canada. On a trouvé des niveaux plus élevés d'ARS en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve et Labrador, car les agriculteurs épandaient plus d'azote par hectare pour profiter du rendement potentiel accru de ces zones climatiques humides.

Entre 1981 et 2006, 78 p. 100 des terres agricoles canadiennes entraient dans la catégorie de risque très faible pour la contamination de l'eau par l'azote, ce qui correspond en grande partie au risque existant dans les trois provinces des Prairies, où sont situées 85 p. 100 des terres agricoles du Canada. Les régions du Centre et de l'Atlantique affichaient des tendances considérablement plus négatives, les terres agricoles se déplaçant vers les catégories de risque plus élevé, particulièrement dans les provinces de l'Atlantique. Les facteurs climatiques tels que le faible taux de précipitations de 2001 se répercutent eux aussi sur l'IRCE-N en affectant le rendement et la quantité d'azote absorbée ou emportée par lessivage dans de nombreuses régions du Canada.

Azote résiduel dans le sol

AUTEURS
C. F. Drury, J. Yang, R. De Jong, T. Huffman, X.Yang, K. Reid et C. A. Campbell

NOM DE L'INDICATEUR
Residual Soil Nitrogen

ÉTAT
National coverage, 1981 to 2006

L'enjeu

L'azote (N) est un *élément nutritif* essentiel nécessaire à toutes les plantes cultivées. La quantité d'azote prélevée des terres agricoles au moment de la récolte ou par les animaux en pâturage est beaucoup plus élevée que la quantité déposée par l'atmosphère. Certaines cultures légumineuses fixent l'azote atmosphérique et n'ont pas besoin d'azote supplémentaire. Cependant, pour optimiser le rendement de la plupart des autres cultures, il faut ajouter de l'azote aux sols en épandant des engrais ou du fumier.

L'azote qui reste dans le sol après la récolte risque d'être lessivé dans les eaux souterraines ou de se perdre dans l'atmosphère sous forme de gaz. La plus grande partie de l'azote résiduel dans le sol (ARS), qui se présente sous forme de nitrates (NO_3^-), est soluble et peut donc facilement pénétrer dans les eaux souterraines ou de surface par ruissellement ou par drainage (Drury et coll., 1996; 2009). Des niveaux élevés de NO_3^- dans les eaux de surface peuvent être préjudiciables à la vie aquatique (Guy, 2008), tandis que des niveaux élevés de NO_3^- dans l'eau potable peuvent causer des problèmes de santé humaine (Chambers et coll., 2001). L'humidité du sol peut favoriser la *dénitrification*, un processus bactérien par lequel le

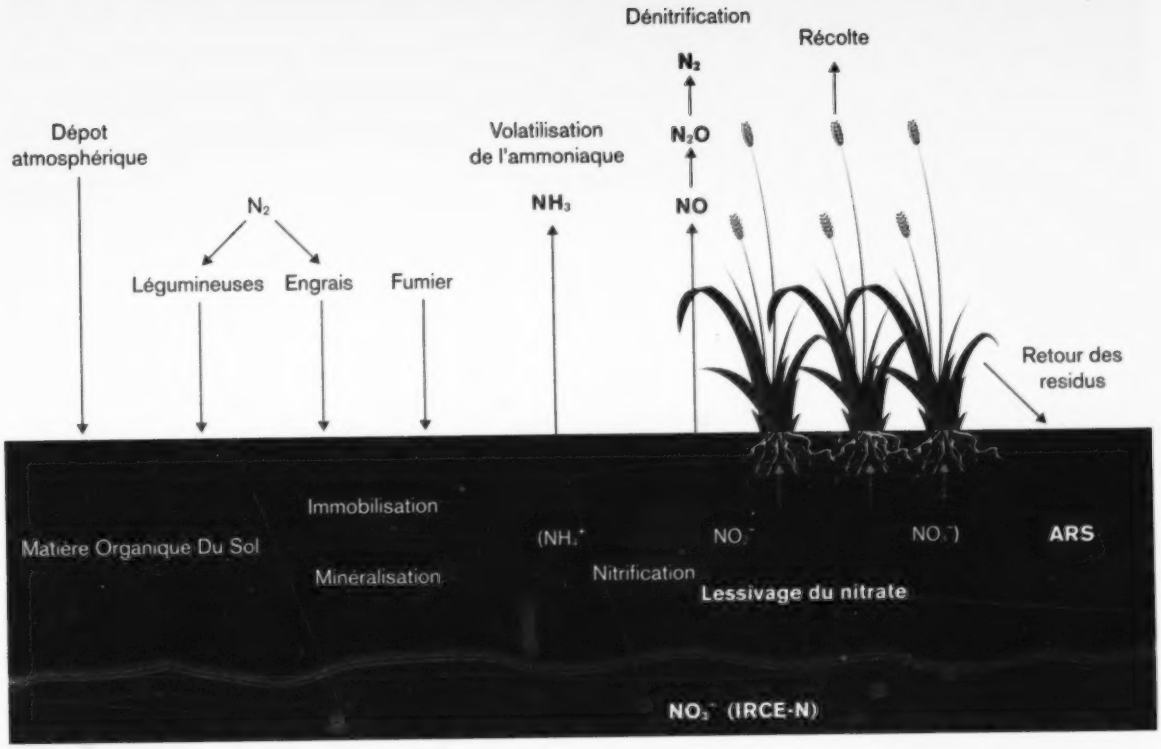


FIGURE 12.1-1 Vue conceptuelle du cycle de l'azote (N) dans les sols agricoles. L'azote résiduel dans le sol (ARS) est ce qui reste à une profondeur de 60 cm après la récolte.

NO_3^- est converti et se perd dans l'atmosphère sous forme de monoxyde d'azote (NO), d'oxyde nitreux (N_2O), un gaz à effet de serre, ou d'azote gazeux (N_2). L'azote perdu par lessivage ou par dénitrification fait également perdre de l'argent aux producteurs étant donné le coût élevé de l'azote supplémentaire épandu sous forme d'engrais ou de fumier.

La quantité d'ARS dans une région donnée dépend de nombreux facteurs qui affectent également la croissance et le rendement des cultures, dont les conditions météorologiques impossibles à contrôler, les insectes nuisibles, les agents pathogènes des plantes, l'envahissement par les mauvaises herbes et les problèmes de sol tels que le compactage, une faible capacité de rétention d'eau ou une mauvaise aération. L'ARS peut aussi être affecté par le degré ou le moment de la minéralisation de l'azote organique provenant du fumier ou des résidus de cultures légumineuses. Si la minéralisation en azote inorganique survient après la maturité de la culture, l'azote peut rester dans le sol après la récolte. Il y a aussi des facteurs contrôlables qui peuvent affecter l'absorption d'azote et la production végétale, dont la quantité d'engrais ou de fumier épandue ainsi que le moment et la méthode d'application.

L'indicateur

L'indicateur d'ARS correspond à la différence entre les apports d'azote (ajout d'engrais et de fumier, fixation de l'azote par les légumineuses, dépôts secs et humides d'azote provenant de l'atmosphère) et les pertes d'azote (azote absorbé par les cultures et volatilisation d'ammoniac, de N_2O et de N_2), comme l'illustre le cycle de l'azote (figure 12.1-1). L'indicateur d'ARS calcule la quantité d'azote inutilisée qui reste dans le sol à la fin de la saison culturale.

On a conçu un modèle afin d'estimer l'indicateur d'ARS dans les régions agricoles de tout le Canada sur la base des polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC) (Yang et coll., 2007). On estime l'ARS pour chaque année entre 1981 et 2006 à l'aide des données annuelles disponibles (p. ex. sur le rendement et les ventes d'engrais) en interpolant les données du Recensement de l'agriculture entre les années de recensement (p. ex. superficie cultivée et nombre d'animaux d'élevage). Lorsque les deux sources d'azote sont présentes dans un polygone des PPC, le modèle répartit les apports d'azote provenant des engrais et du fumier selon le type de culture. Les estimations des pertes d'azote attribuables à l'entreposage et à l'épandage du fumier se fondent sur le type d'animaux d'élevage, le système d'entreposage, les méthodes d'épandage et d'incorporation dans le sol et le moment choisi pour ces opérations. La minéralisation de l'azote organique provenant du fumier et des résidus de cultures légumineuses est estimée pour l'année en cours et pour les deuxième et troisième années suivant l'épandage.

La catégorie d'ARS (très faible, faible, modérée, élevée et très élevée) dans laquelle se classe une terre agricole dépend du niveau d'ARS présent dans le sol à la fin de la saison de croissance (tableau 12.1-1). Ce modèle permet de repérer les régions agricoles où l'on fait une utilisation très efficace de l'azote

12 Azote

Sommaire

On a de plus en plus tendance à épandre de l'azote (N), sous forme d'engrais et de fumier, sur les terres agricoles afin d'optimiser le rendement des cultures et de répondre à la demande accrue d'aliments pour les êtres humains et les animaux et les fibres. L'excès d'azote *inorganique* dans le sol peut toutefois poser des risques pour l'environnement et la santé humaine. Un objectif important des producteurs consiste donc à déterminer la quantité optimale d'azote à appliquer sous forme d'engrais ou de fumier pour produire des cultures saines sans créer un excès d'azote inorganique. L'application de la quantité appropriée d'azote aidera à réduire au minimum les pertes d'azote d'origine agricole.

L'indicateur d'azote résiduel dans le sol (ARS) mesure l'efficacité de l'application d'azote en estimant la quantité d'azote qui reste dans le sol à une profondeur de 60 cm à la fin de la saison des récoltes. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N), quant à lui, mesure le risque que l'ARS migre des terres agricoles aux eaux souterraines ou de surface avoisinantes.

La valeur moyenne de l'ARS à l'échelle nationale a augmenté de 175 p. 100 entre 1981 et 2002. L'ARS, qui était de 9,3 kg d'azote par hectare (9,3 kg N ha^{-1}) en 1981, a augmenté à 25,6 kg N ha^{-1} en 2002 avant de redescendre à 17,7 kg N ha^{-1} en 2006. Cette fluctuation a été aggravée par le rendement réduit des cultures (réduction des pertes d'azote) en 2001 et 2002, attribuable aux conditions météorologiques défavorables dans une grande partie du Canada. On a trouvé des niveaux plus élevés d'ARS en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse, à l'Île-du-Prince-Édouard et à Terre-Neuve et Labrador, car les agriculteurs épandaient plus d'azote par hectare pour profiter du rendement potentiel accru de ces zones climatiques humides.

Entre 1981 et 2006, 78 p. 100 des terres agricoles canadiennes entraient dans la catégorie de risque très faible pour la contamination de l'eau par l'azote, ce qui correspond en grande partie au risque existant dans les trois provinces des Prairies, où sont situées 85 p. 100 des terres agricoles du Canada. Les régions du Centre et de l'Atlantique affichaient des tendances considérablement plus négatives, les terres agricoles se déplaçant vers les catégories de risque plus élevé, particulièrement dans les provinces de l'Atlantique. Les facteurs climatiques tels que le faible taux de précipitations de 2001 se répercutent eux aussi sur l'IRCE-N en affectant le rendement et la quantité d'azote absorbée ou emportée par lessivage dans de nombreuses régions du Canada.

Azote résiduel dans le sol

AUTEURS

C. F. Drury, J. Yang, R. De Jong, T. Huffman, X. Yang, K. Reid et C. A. Campbell

NOM DE L'INDICATEUR

Residual Soil Nitrogen

ÉTAT

National coverage, 1981 to 2006

L'enjeu

L'azote (N) est un *élément nutritif* essentiel nécessaire à toutes les plantes cultivées. La quantité d'azote prélevée des terres agricoles au moment de la récolte ou par les animaux en pâturage est beaucoup plus élevée que la quantité déposée par l'atmosphère. Certaines cultures légumineuses fixent l'azote atmosphérique et n'ont pas besoin d'azote supplémentaire. Cependant, pour optimiser le rendement de la plupart des autres cultures, il faut ajouter de l'azote aux sols en épandant des engrais ou du fumier.

L'azote qui reste dans le sol après la récolte risque d'être lessivé dans les eaux souterraines ou de se perdre dans l'atmosphère sous forme de gaz. La plus grande partie de l'azote résiduel dans le sol (ARS), qui se présente sous forme de nitrates (NO_3^-), est soluble et peut donc facilement pénétrer dans les eaux souterraines ou de surface par ruissellement ou par drainage (Drury et coll., 1996; 2009). Des niveaux élevés de NO_3^- dans les eaux de surface peuvent être préjudiciables à la vie aquatique (Guy, 2008), tandis que des niveaux élevés de NO_3^- dans l'eau potable peuvent causer des problèmes de santé humaine (Chambers et coll., 2001). L'humidité du sol peut favoriser la *dénitrification*, un processus bactérien par lequel le

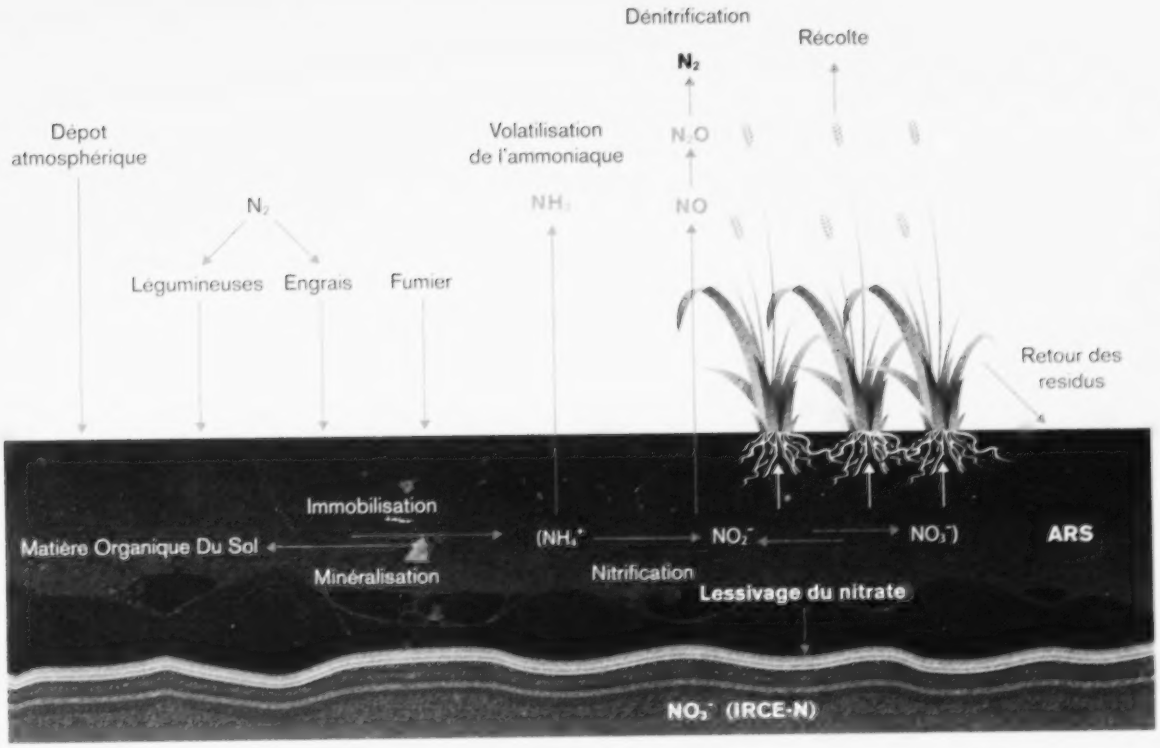


FIGURE 12.1-1 Vue conceptuelle du cycle de l'azote (N) dans les sols agricoles. L'azote résiduel dans le sol (ARS) est ce qui reste à une profondeur de 60 cm après la récolte.

NO_3^- est converti et se perd dans l'atmosphère sous forme de monoxyde d'azote (NO), d'oxyde nitreux (N_2O), un gaz à effet de serre, ou d'azote gazeux (N_2). L'azote perdu par lessivage ou par dénitrification fait également perdre de l'argent aux producteurs étant donné le coût élevé de l'azote supplémentaire épandu sous forme d'engrais ou de fumier.

La quantité d'ARS dans une région donnée dépend de nombreux facteurs qui affectent également la croissance et le rendement des cultures, dont les conditions météorologiques impossibles à contrôler, les insectes nuisibles, les agents pathogènes des plantes, l'envahissement par les mauvaises herbes et les problèmes de sol tels que le compactage, une faible capacité de rétention d'eau ou une mauvaise aération. L'ARS peut aussi être affecté par le degré ou le moment de la minéralisation de l'azote organique provenant du fumier ou des résidus de cultures légumineuses. Si la minéralisation en azote inorganique survient après la maturité de la culture, l'azote peut rester dans le sol après la récolte. Il y a aussi des facteurs contrôlables qui peuvent affecter l'absorption d'azote et la production végétale, dont la quantité d'engrais ou de fumier épandue ainsi que le moment et la méthode d'application.

L'indicateur

L'indicateur d'ARS correspond à la différence entre les apports d'azote (ajout d'engrais et de fumier, fixation de l'azote par les légumineuses, dépôts secs et humides d'azote provenant de l'atmosphère) et les pertes d'azote (azote absorbé par les cultures et volatilisation d'ammoniac, de N_2O et de N_2), comme l'illustre le cycle de l'azote (figure 12.1-1). L'indicateur d'ARS calcule la quantité d'azote inutilisée qui reste dans le sol à la fin de la saison culturale.

On a conçu un modèle afin d'estimer l'indicateur d'ARS dans les régions agricoles de tout le Canada sur la base des polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC) (Yang et coll., 2007). On estime l'ARS pour chaque année entre 1981 et 2006 à l'aide des données annuelles disponibles (p. ex. sur le rendement et les ventes d'engrais) en interpolant les données du Recensement de l'agriculture entre les années de recensement (p. ex. superficie cultivée et nombre d'animaux d'élevage). Lorsque les deux sources d'azote sont présentes dans un polygone des PPC, le modèle répartit les apports d'azote provenant des engrais et du fumier selon le type de culture. Les estimations des pertes d'azote attribuables à l'entreposage et à l'épandage du fumier se fondent sur le type d'animaux d'élevage, le système d'entreposage, les méthodes d'épandage et d'incorporation dans le sol et le moment choisi pour ces opérations. La minéralisation de l'azote organique provenant du fumier et des résidus de cultures légumineuses est estimée pour l'année en cours et pour les deuxième et troisième années suivant l'épandage.

La catégorie d'ARS (très faible, faible, modérée, élevée et très élevée) dans laquelle se classe une terre agricole dépend du niveau d'ARS présent dans le sol à la fin de la saison de croissance (tableau 12.1-1). Ce modèle permet de repérer les régions agricoles où l'on fait une utilisation très efficace de l'azote

(catégories faible et très faible), celles à surveiller (catégorie modérée) et celles qui pourraient exiger des mesures correctives parce qu'elles posent un risque pour l'environnement (catégories élevée et très élevée). En évaluant l'indicateur d'ARS sur une période de 25 ans, on peut cerner les tendances ponctuelles et identifier les régions agricoles où le niveau d'azote inorganique dans le sol est généralement élevé.

L'indicateur d'ARS permet d'estimer l'efficacité avec laquelle on utilise l'azote du sol, mais il ne permet pas de déterminer les conséquences des niveaux élevés d'ARS pour l'environnement. L'azote excédentaire peut rester dans le sol durant l'hiver et être utilisé par la culture subséquente ou il peut se perdre dans l'environnement. Par conséquent, un deuxième indicateur agroenvironnemental, l'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) a été créé afin d'estimer les pertes d'azote (NO_3^-) par lessivage des terres agricoles (voir le chapitre 12.2).

Limites

Les limites associées à l'indicateur d'ARS sont principalement attribuables aux différentes échelles de données sur les apports et aux transformations requises pour pouvoir utiliser ces données. Le recensement agricole (superficie des terres agricoles, types et nombres d'animaux d'élevage, types de cultures et superficies cultivées), les ventes d'engrais, le rendement des cultures, les données climatologiques et les pédo-paysages (types de sol, pentes, etc.) sont les principales sources de données utilisées dans le modèle. Comme l'indicateur d'ARS est calculé à l'échelle du PPC plutôt que de l'exploitation agricole, il a fallu adapter les données à l'échelle du PPC. Par exemple, on a estimé la quantité d'azote d'engrais et de fumier épandue sur les sols dans chaque polygone des PPC, mais il a fallu avancer d'autres hypothèses au sujet de la proportion de chaque source d'azote appliquée à une culture donnée dans chaque polygone des PPC (Huffman et coll. 2008).

Résultats et interprétations

En 2006, la plupart des terres agricoles du Canada se rangeaient dans les catégories d'ARS très faible (37 p. 100) et faible (29 p. 100) (tableau 12.1-1). Dix-sept pour cent des terres agricoles, dont la plupart se situaient dans le Centre et l'Est du Canada, se classaient dans les catégories élevée et très élevée. Cela coïncidait avec une agriculture relativement intensive, y compris l'élevage. On trouvait aussi des terres appartenant à ces catégories ici et là dans l'Ouest du Canada, où l'agriculture est généralement moins intensive (figure 12.1-2). On note une migration considérable des terres agricoles vers les catégories plus élevées depuis 1981. En 1981, le pourcentage de terres canadiennes dans les catégories de risque très faible et faible était de 85 p. 100 en 1981; il est descendu à 52 p. 100 en 2001 avant de remonter à 66 p. 100 en 2006 (tableau 12.1-1). Le pourcentage de terres dans la catégorie modérée, qui était de 5 p. 100 en 1981, est passé à 19 p. 100 en 2001 puis à 17 p. 100 en 2006. Le pourcentage de terres dans les catégories élevée et très élevée a triplé, passant de 10 p. 100 en 1981 à 30 p. 100 en 2001, avant de retomber à 17 p. 100 en 2006.

La quantité globale d'azote résiduel dans le sol pour les terres agricoles canadiennes, qui était de 9,3 kg N ha^{-1} en 1981, a augmenté progressivement à 25,6 kg N ha^{-1} en 2002 puis est redescendu à 17,7 kg N ha^{-1} en 2006 (tableau 12.1-2 et figure 12.1-3). Les apports estimatifs d'azote ont augmenté plus rapidement que les pertes d'azote, ce qui explique la hausse des niveaux d'ARS au Canada. Sur la période de 25 ans, les apports ont augmenté en moyenne de 2,3 p. 100 par an et les pertes, de 1,9 p. 100 par an. À l'échelle nationale, il restait environ 575 000 tonnes d'azote inorganique dans les sols canadiens après la récolte de 1981; ce chiffre s'est multiplié par un facteur d'environ 2,7, passant à 1 547 000 tonnes en 2001, puis est redescendu à 1 089 000 tonnes en 2006, ce qui représente quand même une hausse de 89 p. 100 par rapport à 1981.

Une augmentation des engrais azotés et du fumier épandus sur les terres agricoles, combinée à une plus grande fixation de l'azote par les cultures légumineuses, ont intensifié le risque d'ARS élevé

En ce qui concerne la hausse des apports d'azote sur 25 ans, 51 p. 100 était attribuable à une plus grande superficie cultivée en légumineuses et 41 p. 100, à une utilisation accrue des engrais. Le reste (8 p. 100) était dû à l'augmentation du nombre d'animaux d'élevage et de la production de fumier). La baisse d'ARS enregistrée entre 2001 et 2006 était attribuable à une hausse des pertes d'azote (rendements plus élevés et plus grande absorption d'azote) combinée à des apports d'azote relativement constants. En 2006, la fixation de l'azote par les légumineuses représentait 42 p. 100 des apports d'azote, contre 38 p. 100 pour les engrais et 16 p. 100 pour l'épandage du fumier, le reste étant dû aux dépôts atmosphériques. Les pertes d'azote étaient considérablement plus faibles dans les années de sécheresse, comme 2001 et 2002. Les producteurs ne pouvaient toutefois pas savoir, au début de la saison culturale, si la sécheresse allait sévir et ils épandaient des engrais et/ou du fumier selon qu'ils prévoyaient des rendements moyens ou plus élevés que la moyenne. Les niveaux d'ARS avaient donc tendance à être plus élevés durant les années où les conditions météorologiques avaient un impact négatif sur la croissance et le rendement des cultures.

Ces résultats montrent qu'entre 1981 et 2006 au Canada, une augmentation des engrais azotés et du fumier épandus sur les terres agricoles, combinée à une plus grande fixation de l'azote par les cultures légumineuses, ont intensifié le risque d'ARS

Catégories d'azoute résiduel dans le sol (kg N ha^{-1})

0.0–9.9	10.0–19.9	20.0–29.9	30.0–39.9	>=40	non évalué

FIGURE 12.1-2 Niveaux d'azote résiduel dans le sol (ARS) des terres agricoles du Canada en 2006

TABLEAU 12.1-1 Pourcentage de terres agricoles dans les catégories d'ARS très faible, faible, moyen, élevé et très élevé de 1981 à 2006. (*M= Moyen)

	Catégorie d'ARS																													
	Très faible (0-9.9 kg ha⁻¹)							Faible (10-19.9 kg ha⁻¹)													Élevé (30-39.9 kg ha⁻¹)							Très élevé (≥40 kg ha⁻¹)						
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	M*	1981	1986	1991	1996	2001	2006	M								1981	1986	1991	1996	2001	2006	M	1981	1986	1991	1996	2001	2006	M
BC	46	29	45	19	6	21	**28**	33	40	34	49	38	53	**41**	9	17	10	18	26	14	**16**	4	5	4	7	20	5	**8**	8	9	6	7	11	7	**8**
AB	59	76	57	34	17	34	**46**	34	20	30	34	27	28	**29**	7	4	11	22	31	27	**17**	0	0	2	9	18	8	**6**	0	0	0	1	7	2	**2**
SK	100	100	100	88	34	57	**80**	0	0	0	12	52	39	**17**	0	0	0	0	14	3	**3**	0	0	0	0	0	0	**0**	0	0	0	0	0	0	**0**
MB	64	13	3	1	0	8	**15**	33	73	42	14	2	6	**28**	3	14	50	46	24	42	**30**	0	0	5	37	48	40	**22**	0	0	0	2	26	4	**6**
ON	1	1	6	5	0	10	**4**	9	8	5	5	0	7	**6**	12	7	8	13	3	16	**10**	23	12	18	21	5	17	**16**	55	72	63	56	92	51	**65**
QC	3	3	0	0	0	1	**1**	8	5	2	3	0	11	**5**	24	17	8	10	0	11	**11**	40	23	13	19	4	20	**20**	26	53	77	68	96	57	**63**
NB	0	1	0	0	0	0	**0**	22	4	0	1	0	1	**5**	67	25	4	10	2	2	**18**	9	49	22	33	8	8	**22**	2	21	74	56	89	89	**55**
NS	0	0	0	0	2	0	**0**	10	5	0	3	1	1	**3**	56	31	3	22	3	8	**21**	22	36	42	36	5	8	**25**	12	28	55	39	90	83	**51**
PE	0	0	0	0	0	0	**0**	6	0	0	0	0	0	**1**	94	6	0	0	0	0	**17**	0	81	12	10	0	0	**17**	0	13	88	90	100	100	**65**
NL	42	1	18	4	1	14	**13**	20	3	13	8	9	8	**10**	14	18	20	17	7	12	**15**	7	24	12	6	13	13	**12**	17	55	37	65	69	53	**49**
CANADA	**69**	**68**	**62**	**49**	**20**	**37**	**51**	**16**	**17**	**16**	**19**	**32**	**29**	**21**	**5**	**5**	**11**	**14**	**19**	**17**	**12**	**4**	**3**	**3**	**10**	**13**	**9**	**7**	**6**	**8**	**8**	**8**	**17**	**8**	**9**

TABLEAU 12.1-2 Apports et pertes d'azote et ARS (kg de N ha⁻¹) entre 1981 et 2006. (*M = moyenne)

	Apports d'azote							Pertes d'azote							Azote résiduel dans le sol						
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	M*	1981	1986	1991	1996	2001	2006	M	1981	1986	1991	1996	2001	2006	M
BC	59	60,4	58,3	60,3	66	53,6	59,6	41,9	40.1	41,4	39	37,9	33,6	39	17,1	20,3	17	21,3	28,1	20,1	20,6
AB	41,5	42,3	45,6	54,2	60,4	59,6	50,6	32,9	36.2	36,2	38,8	37,6	43,3	37,5	8,6	6,1	9,4	15,4	22,7	16,3	13,1
SK	18,2	24,4	22,7	36,1	43,2	46,3	31,8	18,1	24.1	22,5	32,4	29,7	37,7	27,4	0,1	0,3	0,2	3,6	13,5	8,6	4,4
MB	45,3	58,3	64,8	75,2	82,2	83,1	68,2	36,7	42.7	44,5	48,2	46,8	55,3	45,7	8,6	15,6	20,3	27,1	35,4	27,9	22,5
ON	121,6	135,3	135,1	136,2	142,2	151,8	137	79,4	86.8	91,4	92,8	82,3	111,9	90,8	42,2	48,5	43,7	43,3	59,9	40	46,3
QC	109,5	128,5	125,5	141,2	151,8	142,7	133,2	75,2	85.1	75,3	94,3	89	98,3	86,2	34,4	43,3	50,3	46,9	62,8	44,4	47
NB	83,5	98,6	102	109,6	123,2	127,6	107,4	59,7	65	57,3	68,6	70,4	70,3	65,2	23,8	33,6	44,7	41	52,9	57,3	42,2
NS	92,7	106	108,6	125,3	118,1	124,2	112,5	63,9	70	62,4	84,9	61,6	66,2	68,1	28,9	36,1	46,2	40,4	56,6	58	44,3
PE	88,3	103	108,4	123,2	131,5	145,1	116,6	64,1	67.9	63,5	77,8	66,6	79,6	69,9	24,3	35,1	44,9	45,4	64,9	65,5	46,7
NL	50,7	83,8	72,7	114,6	105,3	100,7	87,9	30,6	42.4	40,6	67	52	48	46,8	20	41,4	32,1	47,6	53,3	52,7	41,2
CANADA	**42,6**	**47,8**	**48,4**	**59**	**65,6**	**66.8**	**55**	**33,3**	**37.9**	**37,1**	**43,5**	**40,7**	**49,1**	**40,3**	**9,3**	**10**	**11,3**	**15,5**	**25**	**17,7**	**14,8**

Seuls les polygones des Pédo paysages du Canada (PPC) de plus de 5 p. 100 des régions de terres agricoles ont été inclus dans le processus d'augmentation graduelle pour toutes les provinces, sauf le Nouveau-Brunswick, la Nouvelle-Écosse et l'Î. P. E. et Terre Neuve où toutes les terres agricoles ont été incluses.

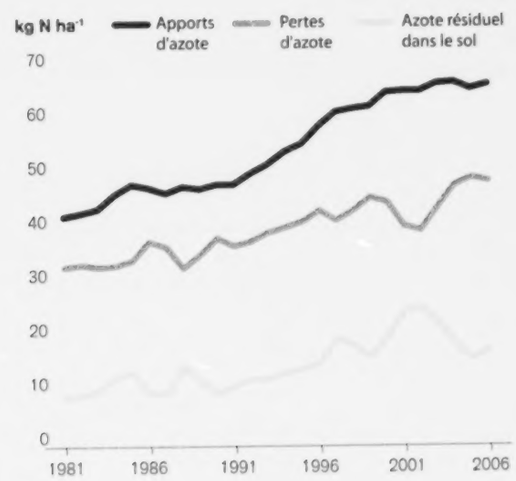


FIGURE 12.1-3: Estimation des apports et pertes d'azote et de l'azote résiduel dans le sol des terres agricoles canadien de 1981 à 2006

Validation de l'azote résiduel dans le sol

Les estimations d'ARS dépendaient de nombreuses données, dont les superficies cultivées, les rendements, le type et le nombre d'animaux d'élevage, le type de fumier, les méthodes d'entreposage et les ventes d'engrais azotés. À l'automne de 2005, on a entrepris une étude afin de valider les prédictions du modèle d'ARS à l'aide des données mesurées sur le terrain. Plus de 1 200 échantillons de sol ont été prélevés dans 134 champs répartis à travers l'Ontario (figure 12.1-4), soit 58 champs de maïs, 42 de soja, 27 de blé d'hiver et sept de foin. Les échantillons ont été prélevés à une profondeur de 60 cm après la récolte. Les champs étaient situés dans 38 polygones des PPC. En 2006, année de recensement, la moyenne des niveaux d'ARS dans le Sud de l'Ontario, où les échantillons de sol ont été prélevés, allait de très faible près de Windsor à très élevée au nord de London et à l'ouest d'Ottawa en conséquence de la variation des apports et des pertes d'azote dans cette région (figure 12.1-4). En 2005, la quantité moyenne d'ARS pour toutes les récoltes et toutes les régions agricoles de l'Ontario était estimée à 35,6 kg N ha^{-1} à une profondeur de 0 à 60 cm. Cependant, lorsqu'on limitait des estimations aux récoltes échantillonnées dans le cadre du processus de validation (maïs, soja, blé d'hiver et foin), qui étaient les cultures dominantes de l'Ontario en termes de superficie, l'ARS montait à 38,5 kg N ha^{-1}.

Lorsqu'on a mesuré l'azote inorganique des 134 champs après la récolte, l'indicateur d'ARS s'élevait à 38,0 kg N ha^{-1}, ce qui est très proche de la valeur prévue. Lorsqu'on a comparé les prévisions et les mesures pour chaque type de culture, on a constaté que l'ARS prévu était plus faible que l'ARS mesuré pour le maïs, le foin et le soja mais plus élevé pour le blé d'hiver (figure 12.1-5). Néanmoins, étant donné toutes les hypothèses émises au sujet des apports (minéralisation de l'azote organique provenant du fumier et des résidus de cultures légumineuses, dépôt atmosphérique d'azote, etc.) et des pertes (par volatilisation de l'ammoniac et par dénitrification), les valeurs mesurées offraient une validation satisfaisante des prévisions pour les sols de l'Ontario (en 2005).

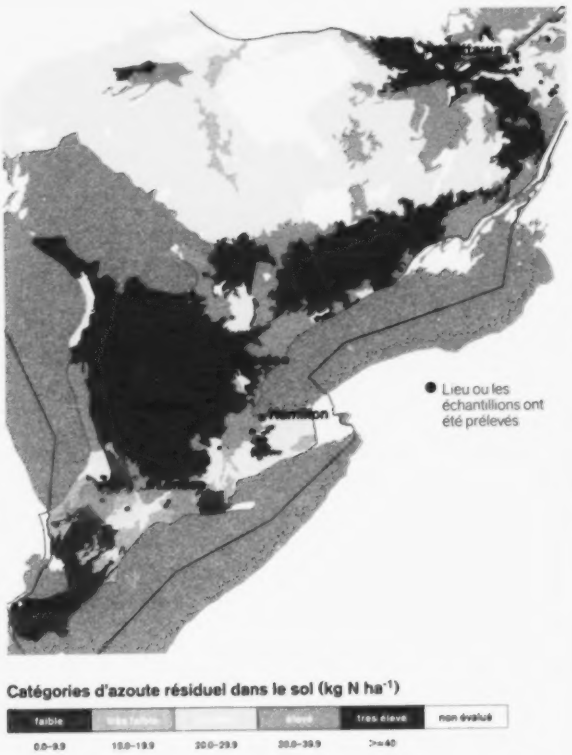


FIGURE 12.1-4 Lieux où des échantillons ont été prélevés en Ontario afin de valider les estimations des niveaux d'azote résiduel dans le sol

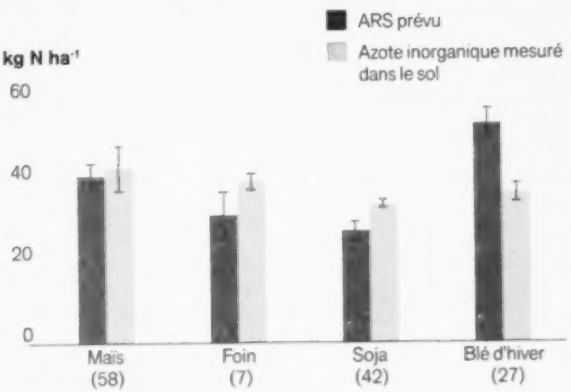


FIGURE 12.1-5 Comparaison entre les estimations d'azote résiduel dans le sol pour le maïs, le foin, le soja et le blé d'hiver et les quantités mesurées d'ammonium et de nitrate dans le sol. Les chiffres entre parenthèses à côté du type de culture indiquent le nombre de champs échantillonnés, tandis que les barres dénotent l'écart-type.

Validation de l'azote résiduel dans le sol

Les estimations d'ARS dépendaient de nombreuses données, dont les superficies cultivées, les rendements, le type et le nombre d'animaux d'élevage, le type de fumier, les méthodes d'entreposage et les ventes d'engrais azotés. À l'automne de 2005, on a entrepris une étude afin de valider les prédictions du modèle d'ARS à l'aide des données mesurées sur le terrain. Plus de 1 200 échantillons de sol ont été prélevés dans 134 champs répartis à travers l'Ontario (figure 12.1-4), soit 58 champs de maïs, 42 de soja, 27 de blé d'hiver et sept de foin. Les échantillons ont été prélevés à une profondeur de 60 cm après la récolte. Les champs étaient situés dans 38 polygones des PPC. En 2006, année de recensement, la moyenne des niveaux d'ARS dans le Sud de l'Ontario, où les échantillons de sol ont été prélevés, allait de très faible près de Windsor à très élevée au nord de London et à l'ouest d'Ottawa en conséquence de la variation des apports et des pertes d'azote dans cette région (figure 12.1-4). En 2005, la quantité moyenne d'ARS pour toutes les récoltes et toutes les régions agricoles de l'Ontario était estimée à 35,6 kg N ha $^{-1}$ à une profondeur de 0 à 60 cm. Cependant, lorsqu'on limitait des estimations aux récoltes échantillonnées dans le cadre du processus de validation (maïs, soja, blé d'hiver et foin), qui étaient les cultures dominantes de l'Ontario en termes de superficie, l'ARS montait à 38,5 kg N ha $^{-1}$.

Lorsqu'on a mesuré l'azote inorganique des 134 champs après la récolte, l'indicateur d'ARS s'élevait à 38,0 kg N ha $^{-1}$, ce qui est très proche de la valeur prévue. Lorsqu'on a comparé les prévisions et les mesures pour chaque type de culture, on a constaté que l'ARS prévu était plus faible que l'ARS mesuré pour le maïs, le foin et le soja mais plus élevé pour le blé d'hiver (figure 12.1-5). Néanmoins, étant donné toutes les hypothèses émises au sujet des apports (minéralisation de l'azote organique provenant du fumier et des résidus de cultures légumineuses, dépôt atmosphérique d'azote, etc.) et des pertes (par volatilisation de l'ammoniac et par dénitrification), les valeurs mesurées offraient une validation satisfaisante des prévisions pour les sols de l'Ontario (en 2005).

FIGURE 12.1-4 Lieux où des échantillons ont été prélevés en Ontario afin de valider les estimations des niveaux d'azote résiduel dans le sol

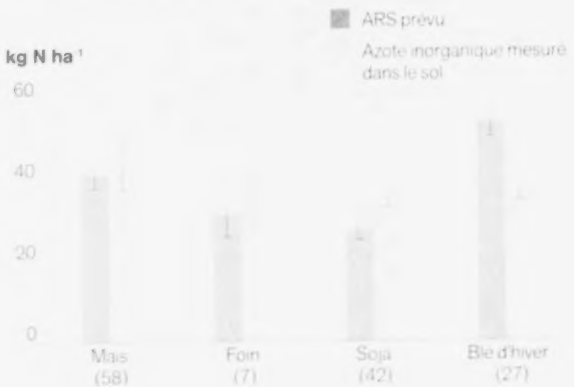


FIGURE 12.1-5 Comparaison entre les estimations d'azote résiduel dans le sol pour le maïs, le foin, le soja et le blé d'hiver et les quantités mesurées d'ammonium et de nitrate dans le sol. Les chiffres entre parenthèses à côté du type de culture indiquent le nombre de champs échantillonnés, tandis que les barres dénotent l'écart-type.

élevé. Ce phénomène était particulièrement en évidence durant les années où les cultures étaient stressées et l'absorption d'azote réduite. Les cultures légumineuses ont moins besoin d'azote supplémentaire (fumier et engrais), car elles fixent l'azote moléculaire (N_2) atmosphérique dans les nodules de leurs racines afin de favoriser la croissance. La superficie cultivée en légumineuses a augmenté avec le temps tandis que les terres consacrées aux cultures commerciales ont diminué, ce qui a fait baisser les apports d'azote provenant des engrais et du fumier. Les trois sources d'azote – les engrais, le fumier et les légumineuses – ont toutefois pris de l'ampleur au fil des années de recensement.

Mesures d'intervention possibles

Les techniques de gestion visant à réduire les niveaux d'ARS au Canada ont pour but ultime de maximiser le potentiel de rendement des cultures. Si le rendement est limité par la piètre qualité physique du sol, les pratiques de gestion qui font monter les niveaux de carbone organique dans le sol – par exemple, en augmentant les apports de résidus végétaux et de fumier – offrent une solution possible. Les conditions de sécheresse en saison de croissance sont plus difficiles à compenser. L'irrigation ou la sub-irrigation peut toutefois constituer une piste de solution là où c'est possible. Aussi, un système de recyclage peut être la méthode la plus efficace de lutter contre la sécheresse, où l'eau et les éléments nutritifs provenant du ruissellement de surface ou du drainage sont entreposés dans un étang ou un marais artificiel et pompés jusqu'aux terres en période de sécheresse (Tan et coll., 2007).

Pour faire une utilisation plus efficace des apports d'azote, on peut notamment : tester le sol afin de détecter l'azote inorganique; analyser le contenu en éléments nutritifs du fumier avant l'épandage; ajuster la quantité de fumier ou d'engrais épandue en fonction des résultats de l'analyse des sols et du fumier; mesurer l'azote capté par les cultures en saison afin de déterminer si une quantité supplémentaire d'azote est requise (Zebarth et coll., 2009). Dans certains cas, il pourrait être nécessaire d'épandre du fumier dans les champs qui se trouvent à une distance considérable de la grange où le fumier est généré afin d'assurer une distribution plus uniforme des éléments nutritifs dans les sols agricoles. Comme on estime qu'à l'échelle nationale, 26 p. 100 de l'azote produit par le fumier se perd par volatilisation de l'ammoniac ou par dénitrification, il faut améliorer les pratiques d'entreposage et d'épandage du fumier pour accroître l'efficience de l'azote de fumier et peut-être aussi réduire la quantité d'engrais nécessaire.

Lorsque le rendement des cultures est faible en raison de facteurs impossibles à contrôler – comme le climat, les insectes ravageurs et les maladies – on pourrait adopter des pratiques de gestion telles que le recours aux cultures de couverture. Les cultures en question permettraient de capturer l'azote inorganique non utilisé par le sol, ce qui aiderait à réduire les pertes d'azote. En outre, si la culture de couverture est une culture d'engrais vert, elle pourrait, au moment de sa destruction, libérer l'azote assimilé dans le sol pour que la culture suivante puisse l'utiliser.

On ne peut pas régler le problème de l'ARS en éliminant la fertilisation de l'azote et en cessant d'épandre du fumier sur les terres, comme en témoignent les résultats d'une étude à long terme menée dans le Sud-Ouest de l'Ontario en 1959, qui a permis de conclure que le rendement du maïs fertilisé était substantiellement plus élevé que celui du maïs non fertilisé (Drury et Tan, 1995). Une autre étude, menée dans l'Ouest du Canada, a abouti à la conclusion qu'une fertilisation inadéquate limitait la croissance des cultures ainsi que l'absorption des éléments nutritifs et de l'eau, et que l'azote minéralisé du sol courait de plus grands risques de lessivage à travers le sol (Campbell et coll., 2006). De toute évidence, les pratiques de gestion devraient viser à atteindre un meilleur équilibre entre les apports d'azote provenant des engrais et du fumier et les pertes d'azote résultant de l'absorption d'azote par les cultures et de la récolte.

Indicateur du risque de contamination de l'eau par azote

AUTEURS
R. De Jong, C. F. Drury et J. Y. Yang

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote

ÉTAT
Échelle nationale, 1981 à 2006

L'enjeu

On ajoute aux terres cultivées et aux pâturages plus d'azote sous forme d'engrais et de fumier afin de satisfaire à la demande croissante en aliments, en fibres et en énergie. Cependant, comme l'azote n'est pas complètement absorbé par les cultures, il reste inévitablement de l'azote inorganique dans le sol à la fin de la saison de croissance (voir le chapitre 12.1, Azote résiduel dans le sol). Les risques pour l'environnement sont plus élevés lorsque des surplus excessifs d'azote sont présents dans le sol, particulièrement entre les saisons de croissance dans les régions humides. La plus grande partie de l'azote inorganique résiduel, qui se présente sous forme de nitrates, est soluble et donc susceptible d'être lessivée dans les eaux souterraines, ou d'être emportée avec les eaux de drainage vers les fossés, les cours d'eau et les lacs (Drury et coll.1996; Tan et coll., 2002). Une concentration élevée de nitrates dans les eaux de surface contribue à la prolifération des algues et à l'eutrophisation et elle pourrait avoir des répercussions sur la santé humaine (Chambers et coll. 2001).

Le public canadien s'intéresse beaucoup aux problèmes de santé humaine liés à l'azote et il reste préoccupé par la sécurité de l'eau potable et de l'approvisionnement alimentaire. Il faut en savoir plus sur les risques posés par l'azote à la santé des êtres humains et de l'environnement. Il faut aussi évaluer et quantifier l'efficacité des pratiques de gestion agricole mises en place pour réduire ces risques. L'azote étant l'élément nutritif le plus souvent appliqué aux terres afin d'accroître la production d'aliments destinés aux êtres humains et aux animaux, son coût est une préoccupation majeure des producteurs, tout comme son impact négatif possible sur l'environnement l'est pour la société dans son ensemble. On peut donc aider à réduire les pertes du système agricole et à atténuer les incidences négatives sur l'environnement en optimisant l'équilibre entre la quantité d'azote requise par les cultures et la quantité effectivement utilisée.

L'indicateur

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) fait le lien entre la quantité d'azote minéral qui reste dans le sol au moment de la récolte (azote résiduel dans le sol ou ARS) et les conditions climatiques de l'hiver qui suit (MacDonald, 2000; De Jong et coll., 2007; Yang et coll., 2007). Un modèle conceptuel simplifié des composantes de l'azote dans le sol et du fonctionnement des agroécosystèmes illustre les principes biophysiques qui sous-tendent l'indicateur (figure 12.1-1). La quantité d'ARS est la différence entre les apports et les pertes d'azote. Les apports comprennent l'azote provenant des engrais et du fumier épandu sur les terres agricoles, l'azote fixé par les cultures légumineuses ainsi que les dépôts atmosphériques secs et humides d'azote, tandis que les pertes incluent l'azote présent dans les produits végétaux retirés des champs, l'azote perdu sous forme gazeuse dans l'atmosphère (dénitrification et volatilisation de l'ammoniac), et l'azote emporté par lessivage dans les eaux souterraines. L'azote emporté par lessivage est ce que l'indicateur IRCE-N vise à mettre en évidence.

Étant donné la complexité des agroécosystèmes, la simulation par ordinateur est une des façons les plus pratiques d'évaluer la durabilité environnementale de l'agriculture canadienne. On obtient l'IRCE-N en combinant l'indicateur d'ARS (voir le chapitre 12.1) avec une procédure de calcul de l'équilibre sol-eau quotidien (Baier et Robertson, 1966; Baier et coll., 1979; Baier

TABLEAU 12.2-1 Catégories de risque de l'IRCE N, fondées sur la concentration d'azote dans l'eau et les pertes totales d'azote durant l'hiver (ou entre deux saisons de croissance).

		Nitrates perdus (kg N ha^{-1})			
		0–4,9	5,0–9,9	10,0–19,9	≥ 20,0
Concentration de nitrates (mg N L^{-1})	0–4,9	très faible	très faible	faible	élevé
	5,0–9,9	très faible	faible	élevé	très élevé
	≥ 10,0	faible	élevé	très élevé	très élevé

Indicateur du risque de contamination de l'eau par azote

AUTEURS

R. De Jong, C. F. Drury et J. Y. Yang

NOM DE L'INDICATEUR

Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote

ETAT

Échelle nationale : 1981 à 2006

L'enjeu

On ajoute aux terres cultivées et aux pâturages plus d'azote sous forme d'engrais et de fumier afin de satisfaire à la demande croissante en aliments, en fibres et en énergie. Cependant, comme l'azote n'est pas complètement absorbé par les cultures, il reste inévitablement de l'azote inorganique dans le sol à la fin de la saison de croissance (voir le chapitre 12.1, Azote résiduel dans le sol). Les risques pour l'environnement sont plus élevés lorsque des surplus excessifs d'azote sont présents dans le sol, particulièrement entre les saisons de croissance dans les régions humides. La plus grande partie de l'azote inorganique résiduel, qui se présente sous forme de nitrates, est soluble et donc susceptible d'être lessivée dans les eaux souterraines, ou d'être emportée avec les eaux de drainage vers les fossés, les cours d'eau et les lacs (Drury et coll.1996; Tan et coll., 2002). Une concentration élevée de nitrates dans les eaux de surface contribue à la prolifération des algues et à l'eutrophisation et elle pourrait avoir des répercussions sur la santé humaine (Chambers et coll. 2001).

Le public canadien s'intéresse beaucoup aux problèmes de santé humaine liés à l'azote et il reste préoccupé par la sécurité de l'eau potable et de l'approvisionnement alimentaire. Il faut en savoir plus sur les risques posés par l'azote à la santé des êtres humains et de l'environnement. Il faut aussi évaluer et quantifier l'efficacité des pratiques de gestion agricole mises en place pour réduire ces risques. L'azote étant l'élément nutritif le plus souvent appliqué aux terres afin d'accroître la production d'aliments destinés aux êtres humains et aux animaux, son coût est une préoccupation majeure des producteurs, tout comme son impact négatif possible sur l'environnement l'est pour la société dans son ensemble. On peut donc aider à réduire les pertes du système agricole et à atténuer les incidences négatives sur l'environnement en optimisant l'équilibre entre la quantité d'azote requise par les cultures et la quantité effectivement utilisée.

L'indicateur

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N) fait le lien entre la quantité d'azote minéral qui reste dans le sol au moment de la récolte (azote résiduel dans le sol ou ARS) et les conditions climatiques de l'hiver qui suit (MacDonald, 2000; De Jong et coll., 2007; Yang et coll., 2007). Un modèle conceptuel simplifié des composantes de l'azote dans le sol et du fonctionnement des agroécosystèmes illustre les principes biophysiques qui sous-tendent l'indicateur (figure 12.1-1). La quantité d'ARS est la différence entre les apports et les pertes d'azote. Les apports comprennent l'azote provenant des engrais et du fumier épandu sur les terres agricoles, l'azote fixé par les cultures légumineuses ainsi que les dépôts atmosphériques secs et humides d'azote, tandis que les pertes incluent l'azote présent dans les produits végétaux retirés des champs, l'azote perdu sous forme gazeuse dans l'atmosphère (dénitrification et volatilisation de l'ammoniac), et l'azote emporté par lessivage dans les eaux souterraines. L'azote emporté par lessivage est ce que l'indicateur IRCE-N vise à mettre en évidence.

Étant donné la complexité des agroécosystèmes, la simulation par ordinateur est une des façons les plus pratiques d'évaluer la durabilité environnementale de l'agriculture canadienne. On obtient l'IRCE-N en combinant l'indicateur d'ARS (voir le chapitre 12.1) avec une procédure de calcul de l'équilibre sol-eau quotidien (Baier et Robertson, 1966; Baier et coll., 1979; Baier

TABLEAU 12.2-1 Catégories de risque de l'IRCE N, fondées sur la concentration d'azote dans l'eau et les pertes totales d'azote durant l'hiver (ou entre deux saisons de croissance).

		Nitrates perdus (kg N ha $^{-1}$)			
		0–4,9	5,0–9,9	10,0–19,9	≥ 20,0
Concentration de nitrates (mg N L^{-1})	0–4,9	très faible	très faible		
	5,0–9,9	très faible			
	≥ 10,0				très élevé

FIGURE 12.2-2 Risque de contamination de l'eau par l'azote dans les provinces de l'Atlantique, selon les pratiques de gestion en vigueur en 1981

FIGURE 12.2-3 Risque de contamination de l'eau par l'azote dans les provinces de l'Atlantique, selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

et coll., 2000; Akinremi et coll., 1996). On estime l'azote emporté par lessivage et l'azote concentré dans l'eau de drainage durant l'hiver (entre les saisons de croissance) à partir de la quantité de nitrates résiduels dans le sol au moment de la récolte, de la quantité cumulative d'eau drainée du sol durant l'hiver et de la teneur en eau du sol. Comparativement aux versions antérieures (MacDonald, 2000; De Jong et coll., 2005), le modèle actuel d'IRCE-N donne une description plus complète et plus exacte de l'équilibre sol-eau. Il ne tient toutefois pas compte des pertes d'azote attribuables au ruissellement, qu'on estime généralement mineures par rapport aux pertes par lessivage (Drury et coll., 1993; 1996; 2009a).

L'IRCE-N s'exprime en proportion des terres agricoles classées dans chacune des cinq catégories de risque (tableau 12.2-1). Ces catégories sont définies par la combinaison de deux éléments:

1. l'azote lessivé durant l'hiver (N_{perdu}), exprimé en kg d'azote par hectare (ha)

2. la concentration de nitrates (NO_3-N) dans l'eau de drainage (N_{conc}), exprimée en mg d'azote par litre (L) d'eau.

Les catégories de concentration d'azote des nitrates sont liées à la recommandation pour la qualité de l'eau potable au Canada, qui est de 10 mg NO_3-N par litre (Conseil canadien des ministres de l'Environnement, 1999). De plus, la limite de concentration minimale de 5 mg d'azote par litre approche de la nouvelle (Guy, 2008) limite canadienne d'exposition à long terme pour la vie aquatique en eaux douces (4,7 mg NO_3-N par litre). Nous utilisons ces deux facteurs pour calculer l'IRCE-N, car ils influencent tous les deux les répercussions environnementales possibles des pertes d'azote.

TABLEAU 12.2-3 Précipitations hivernales (1981, 1986, 1991, 2001 et 2006) et drainage hivernal moyens du 1er septembre au 31 mars.

	Précipitations hivernales (mm)	Drainage hivernal (mm)
BC	271	90
AB	155	4
SK	175	5
MB	232	7
ON	513	186
QC	558	202
NB	616	264
NS	722	367
PE	753	333
NL	782	414
CANADA	**222**	**31**

Catégories de risque de l'IRCE-N

très faible	faible		élevé	très élevé	non évalué

FIGURE 12.2-1 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles du Canada selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

TABLEAU 12.2-2 Proportion de terres agricoles canadiennes dans les différentes catégories de risque de l'IRCE N, années 1981 2006

	Pourcentage des terres agricoles dans les cinq catégories de risque*																											
	Très faible (0–9.9 kg ha^{-1})						Faible (10–19.9 kg ha^{-1})												Élevé (30–39.9 kg ha^{-1})						Très élevé (≥40 kg ha^{-1})					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	76	80	78	74	67	71	16	11	13	14	21	18	2	2	2	5	4	4	3	3	4	3	3	2	2	2	1	3	3	3
AB	100	99	100	98	96	93	0	1	1	2	4	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK	100	100	100	100	99	98	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB	98	94	82	56	51	36	2	6	18	44	49	64	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ON	19	14	16	21	12	11	6	4	4	6	11	12	43	37	36	36	31	34	17	16	20	18	29	23	15	29	25	20	18	20
QC	20	7	8	9	2	8	9	7	3	4	14	10	46	50	44	42	13	17	7	8	11	12	20	12	12	24	29	28	46	49
NB	40	6	4	6	0	0	21	10	3	4	1	0	36	66	51	36	10	5	2	7	26	36	40	9	0	11	16	19	49	87
NS	5	1	1	1	2	1	54	10	23	33	3	3	15	48	12	14	2	3	26	29	58	41	54	27	0	12	6	11	39	67
PE	31	0	0	0	0	0	65	31	9	5	0	0	4	69	20	68	0	0	0	0	71	28	67	7	0	0	0	0	33	93
NL	48	2	23	0	0	24	22	37	22	37	4	0	2	5	6	5	10	0	27	52	43	58	46	35	0	4	7	0	41	40
CANADA	**88**	**88**	**87**	**83**	**81**	**78**	**2**	**2**	**3**	**7**	**9**	**12**	**6**	**5**	**5**	**5**	**3**	**3**	**2**	**2**	**2**	**2**	**3**	**2**	**2**	**3**	**3**	**3**	**3**	**4**

* La proportion des terres agricoles dans les cinq catégories de risque n'équivaut pas toujours à 100 p. 100 car certains polygones ont été exclus des calculs en raison des données météorologiques manquantes et des données de sols manquantes. **Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote.

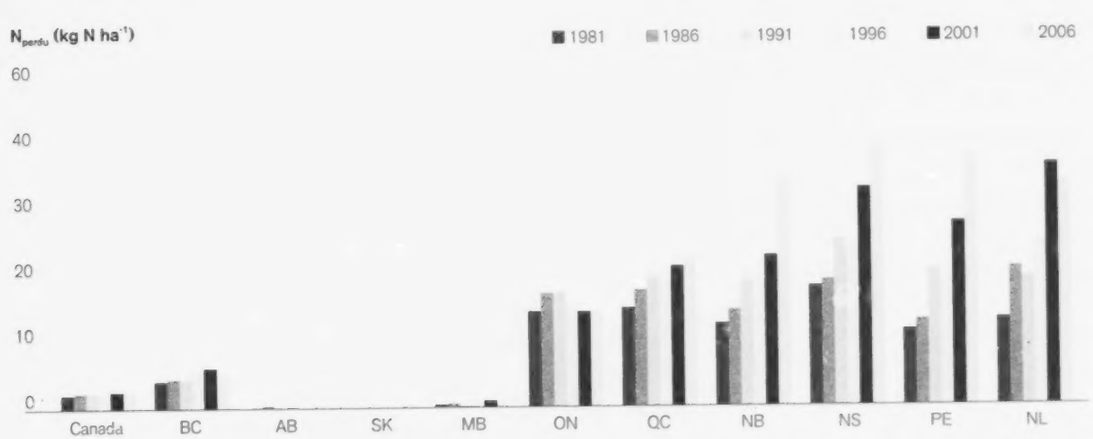


FIGURE 12.2-4 Pertes d'azote à l'échelle nationale et provinciale, 1981–2006.

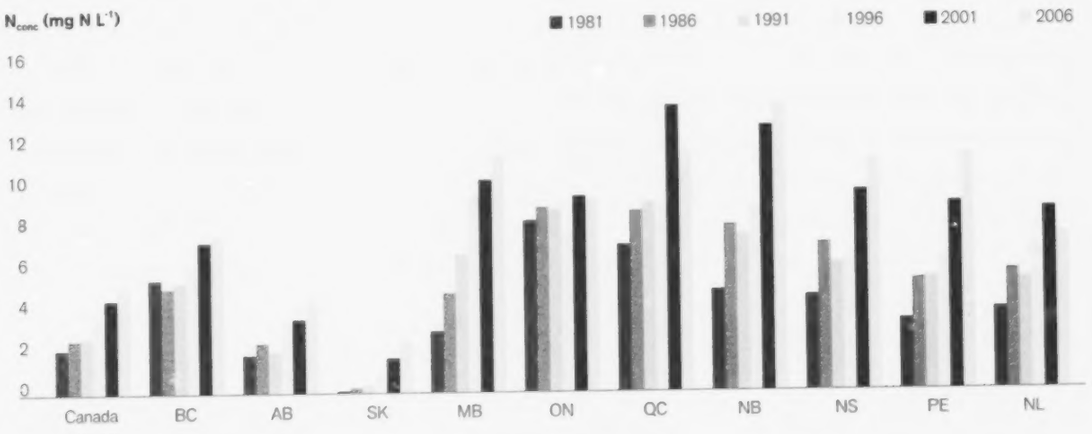


FIGURE 12.2-5 Concentration de nitrates dans l'eau de drainage, 1981–2006.

Limites

La méthodologie employée pour calculer l'IRCE-N repose sur de nombreuses hypothèses et approximations, qui visent à permettre la production de rapports sur une grande échelle spatiale à une *échelle temporelle* grossière. Les résultats – illustrés à la figure 12.2-1 pour les pratiques de gestion agricole en vigueur en 2006 – étant des estimations, ils doivent être interprétés en conséquence. Comme le manque de données mesurées empêche la validation, les résultats ne peuvent servir qu'à comparer différentes années et régions du Canada. Ils peuvent toutefois permettre d'identifier les zones où l'azote risque de s'accumuler et les nitrates de se perdre dans l'environnement par lessivage. Les résultats devraient être confirmés par des essais en champ, particulièrement dans les zones à risque élevé.

Résultats et interprétation

La majorité des terres agricoles du Canada couraient un très faible risque de contamination de l'eau par l'azote entre 1981 et 2006 (tableau 12.2-2). Durant cette période, le pourcentage de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible a graduellement baissé, passant de 88 p. 100 à 78 p. 100, tandis que la proportion de terres dans la catégorie de risque faible, qui était de 2 p. 100, est montée à 12 p. 100. Ensemble, ces deux catégories comptaient pour 90 p. 100 de la superficie cultivée chaque année (tableau 12.2-2). Le pourcentage est passé de 6 p. 100 à 3 p. 100 dans la catégorie de risque modéré et de 4 p. 100 à 6 p. 100 dans les catégories de risque élevé et très élevé.

Comme 85 p. 100 des terres agricoles canadiennes sont situées dans les trois provinces des Prairies, les résultats nationaux donnent une bonne idée de ce qui se passe dans les Prairies et, dans une moindre mesure, en Ontario et au Québec. Dans les provinces des Prairies, il y avait très peu de changements dans les catégories de risque modéré, élevé et très élevé, près de 100 p. 100 des terres entrant dans les catégories de risque faible et très faible. La situation était toutefois plus dynamique dans la région centrale du Canada, où l'on trouve 11 p. 100 de la superficie cultivée. En Ontario, la proportion de terres agricoles dans les catégories de risque élevé et très élevé est passée de 32 p. 100 en 1981 à 47 p. 100 en 2001, avant de redescendre à 43 p. 100 en 2006. De même, au Québec, le pourcentage de terres agricoles dans les catégories de risque élevé et très élevé, qui était de 19 p. 100 en 1981, est passé à 66 p. 100 en 2001 (par suite d'une augmentation des apports d'azote que les cultures n'ont pas suffi à absorber), puis est revenu à 61 p. 100 en 2006. Pour la région de l'Atlantique, on remarque un mouvement général de la plupart des terres vers les catégories de risque élevé et très élevé (figures 12.2-2 et 12.2-3).

Les fluctuations de la proportion de terres agricoles canadiennes dans les différentes catégories de risque de l'IRCE-N sont principalement attribuables aux changements dans les quantités estimatives d'ARS, examinées au chapitre 12.1 et dans les conditions météorologiques. Le mouvement progressif vers les catégories de risque plus élevées qui s'est amorcé entre 1981 et 2006 – par exemple, le pourcentage de terres dans les catégories de risque élevé et très élevé est passé de 4 p. 100 à 6 p. 100 – s'explique en grande partie par l'augmentation graduelle des quantités d'ARS durant la même période (de 9,3 kg N ha^{-1} à 17,7 kg N ha^{-1}), exception faite de l'année 2001. En effet, l'estimation de l'ARS pour cette année-là (25,0 kg N ha^{-1}) était considérablement plus élevée que pour n'importe quelle autre année (voir Drury et coll., 2007) et coïncidait avec la plus grande proportion de terres dans les catégories de risque élevé et très élevé. Cette situation est attribuée à un drainage hivernal plus faible que d'habitude en 2001, qui a abouti à une estimation des pertes d'azote (N_{perdu}) (figure 12.2-4) semblable à celle des années précédentes (1981, 1986 et 1991) et à une concentration (N_{conc}) (figure 12.2-5) plus élevée en raison d'une plus faible dilution (tableau 12.2-3). En 2006, la teneur en ARS était de 29 p. 100 plus faible qu'en 2001. Cependant, comme le drainage hivernal était proche de la normale, les pertes (N_{perdu}) et les concentrations (N_{conc}) estimatives sont passées de 2,4 kg N ha^{-1} à 2,6 kg N ha^{-1} et de 4,6 mg N par litre à 5,3 mg N par litre (mg N L^{-1}), respectivement et il n'y a pas de mouvement national des terres vers les catégories de risque plus faible.

Mesures d'intervention possibles

Dans les zones appartenant aux catégories de risque élevé, les mesures qui réduisent la quantité d'azote lessivé aideront à atténuer le risque. Ces mesures peuvent comprendre ce qui suit:

- planter des cultures dérobées, qui sont habituellement des cultures de faible valeur plantées à l'automne après la récolte de la culture principale de valeur plus élevée (Thorup-Kristensen et coll., 2003; Strock et coll. 2004),
- planter les cultures intercalaires ou prévoir une rotation incluant des cultures qui absorbent l'azote excédentaire dans le sol (Ofori et Stern, 1987; Hesterman et coll., 1992),
- adopter des pratiques agroforestières dans le cadre desquelles des arbres extraient de l'eau et des éléments nutritifs à une plus grande profondeur que la plupart des cultures agricoles (Van Noordwijk et coll., 1996)
- installer des systèmes contrôlés de gestion des nappes d'eau afin de réduire le lessivage des nitrates dans les terres drainées (Drury et coll., 1996; 2009).

Les mesures d'intervention possibles comprennent aussi de nombreuses pratiques de gestion des éléments nutritifs (Zebarth et coll., 2009), par exemple:

- rendre dûment compte de toutes les sources majeures d'azote, dont l'azote ajouté au fumier, les résidus de culture et la fixation par les cultures légumineuses,
- mieux estimer les besoins en éléments nutritifs des cultures,
- mettre au point et utiliser des tests de détection de l'azote dans le sol et les cultures, et calculer les apports d'azote en fonction des résultats de ces tests;

■ synchroniser et appliquer l'azote de façon à ce que l'épandage corresponde au besoin cultural maximum et éviter les périodes de lessivage importantes.

Références

Akinremi, O.O., McGinn, S.M. et Barr, A.G. (1996). Simulation of soil moisture and other components of the hydrological cycle using a water budget approach. *Revue canadienne de la science du sol, 76* 133-142.

Baier, W., Dyer, J.A. et Sharp, W.R. (1979). *The versatile soil moisture budget.* Ottawa (Ont.) Canada : Agriculture Canada, Centre de recherche sur les terres, Bulletin technique n° 37.

Baier, W., Boisvert, J.B. et Dyer, J.A. (2000). *Manuel de référence du modèle adaptatif du bilan hydrique des sols.* Ottawa (Ont.)Canada : Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Baier, W. et Robertson, G.W. (1966). A new versatile soil moisture budget. *Canadian Journal of Plant Science 46* 299-315.

Campbell, C.A., Selles, F., Zentner, R.P., De Jong, R. Lemke, R. et Hamel, C. (2006). Nitrate leaching in the semiarid prairie: Effect of cropping frequency, crop type and fertilizer after 37 years. *Revue canadienne de la science du sol, 86* 701-710.

Conseil canadien des ministres de l'environnement (1999). *Recommandations canadiennes pour la qualité de l'environnement.* Ottawa (Ont.) Canada : Environnement Canada.

Chambers P.A., Guy, M., Roberts E.S., Charlton M.N., Kent R., Gagnon C., Grove G. et Foster N.. (2001). *Les éléments nutritifs et leurs effets sur l'environnement au Canada.* Environnement Canada. Ottawa (Ontario).

De Jong, R., Yang, J.Y., Drury, C.F., Huffman, E.C., Kirkwood, V. et Yang, X.M. (2005). Nitrogen. In A.W. Lefebvre, W. Eilers et B. Chunn (Eds). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport No 2.* (pp 124-130) Ottawa (Ont.) Canada: Agriculture et Agroalimentaire Canada.

De Jong, R., Yang, J.Y., Drury, C.F., Huffman, E.C., Kirkwood, V. et Yang, X.M. (2007). The indicator of risk of water contamination by nitrate-nitrogen. *Revue canadienne de la science du sol, 87 179-188.*

Drury,C.F., McKenney, D.J., Findlay,W.I. et Gaynor, J.D. (1993). Influence of tillage on nitrate loss in surface runoff and tile drainage. *Soil Science Society of America Journal 57* 797-802.

Drury, C.F. et Tan, C.S. (1995). Long-term (35 years) effects of fertilization, rotation and weather on corn yields. *Canadian Journal of Plan Science 75* 355-362.

Drury, C.F., Tan, C.S., Gaynor, J.D., Oloya, T.O. et Welacky, T.W. (1996). Influence of controlled drainage-subirrigation on surface and tile drainage nitrate loss. *Journal of Environmental Quality 25 317-324.*

Drury, C.F. Tan, C.S., Reynolds, W. D. Welacky, T.W. Oloya, T.O. et J.D. Gaynor. (2009). Managing tile drainage, subirrigation and nitrogen fertilization to reduce nitrate loss and enhance crop yields. *Journal of Environmental Quality.* 38: 1193-1204.

Drury, C.F., Yang, J.Y., De Jong, R., Yang, X.M., Huffman, E., Kirkwood, et coll. (2007). Residual soil nitrogen indicator for Canada. *Revue canadienne de la science du sol, 87 166-177.*

Guy, M. (2008). Ideal Performance Standards for the Nitrate Ion. Initiative sur les normes agroenvironnementales nationales. Rapport N° 4-54.73 p.

Hesterman, O.B., Griffin, T.S., Williams, P.T., Harris, G.H. et Christenson, D.R. (1992). Forage legume small grain intercrops: Nitrogen production and response of subsequent corn. *Journal of Production Agriculture 5:* 340-348.

Huffman, E.C., Yang, J.Y. Drury, C.F., De Jong, R. Yang, X.M. et Liu, Y.C. (2008). Estimation of Canadian manure and fertilizer nitrogen application rates at the crop and soil-landscape polygon level. *Revue canadienne de la science du sol, 88:* 619-627.

MacDonald, K.B. (2000). Risque de contamination de l'eau par l'azote (pp 117-123) dans T. McRae, C.A.S. Smith, et L.J. Gregorich, (Eds.) *L'agriculture écologiquement durable au Canada : rapport sur le Projet des indicateurs agroenvironnementaux.* Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ontario).

Mitchell, R.J., Babcock, R.S., Gelinas, S., Nanus, L. et Stasney, D.E. 2003. Nitrate distribution and source identification in the Abbotsford-Sumas aquifer, northwestern Washington State. J. Environ. Qual. 32: 789-800.

Ofori, F. et Stern, W.R. (1987). Cereal-legume intercropping systems. *Advanced Agronomy 41* 41-90.

Statistique Canada. (2003). *L'entreposage des fumiers au Canada.* Téléchargé le 14 avril 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/pub/21-021-m/21-021-m2003001-fra.htm

Statistique Canada. (2004). *La gestion des fumiers au Canada.* Téléchargé le 14 avril 2009 http://www.statcan.gc.ca/pub/21-021-m/21-021-m2004001-fra.htm

Strock, J.S., Porter, P.M. et Russelle, M.P. (2004). Cover cropping to reduce nitrate loss through subsurface drainage in the northern US corn belt. *Journal of Environmental Quality 33: 1010-1016.*

Tan, C.S., Drury, C.F., Reynolds, W.D., Groenevelt, P.H. et Dadfra, H. (2002). Water and nitrate loss through tiles under a clay loam soil in Ontario after 42 years of consistent fertilization and crop rotation. *Agriculture, Ecosystems and Environment 93:* 121-130.

Tan, C.S., Zhang, T.Q., Drury, C.F. Reynolds, W.D., Oloya, T. et Gaynor, J.D. (2007). Water quality and crop production improvement using a wetland-reservoir and drainage/subsurface irrigation system. *Canadian Water Resource Journal 32:* 129-136.

Thorup-Kristensen, K., Magid, J. et Jensen, L.S. (2003). Catch crops and green manure as biological tools in nitrogen management. *Advances in Agronomy. 79:* 228-302.

Van Noordwijk, M., Lawson, G., Soumare, A., Groot, F.F.R. et Hairiah, K. (1996). Root distribution of trees and crops: competition and/or complementarity. In C.K. Org & P. Huxley (Eds) *Tree-crop interaction: a physiological approach* (pp 319-364). Cambridge: Cambridge University Press.

Yang, J.Y., De Jong, R., Drury, C.F., Huffman, E.C., Kirkwood, V. et Yang, X.M. (2007). Development of a Canadian Agricultural Nitrogen Budget (CANB v2.0) model and the evaluation of various policy scenarios. Can. J. Soil Sci. 87: 153-165

Zebarth, B.J., Drury, C.F., Tremblay, N. et Cambouris, A.N. (2009). Opportunities for improved fertilizer nitrogen management in production of arable crops in eastern Canada: A review. *Revue canadienne de la science du sol,* 89: 113-132.

13 Phosphore

AUTEURS
E. van Bochove, G. Thériault, J.-T. Denault, F. Dechmi, A.N. Rousseau et S.E. Allaire

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

Le phosphore (P) est un élément nutritif important pour la croissance des plantes et des animaux. Les ajouts de phosphore aux terres agricoles sous forme de fumier et d'engrais inorganiques peuvent toutefois entraîner un risque accru de saturation en phosphore du sol et de transfert du phosphore vers les plans d'eau. Des quantités excessives de phosphore dans les eaux de surface contribuent à l'eutrophisation des rivières et des lacs et à la prolifération des *cyanobactéries*, altérant la qualité de l'eau et restreignant son utilisation. L'indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) a été élaboré afin d'évaluer les tendances temporelles du risque de contamination des eaux de surface par le phosphore provenant des terres agricoles canadiennes à l'échelle du bassin versant.

Le risque global de contamination de l'eau par le phosphore est à la hausse au Canada. L'augmentation du nombre d'animaux d'élevage, combinée à une plus grande utilisation des engrais minéraux, a entraîné des excédents régionaux de phosphore répétés entre 1981 et 2006. Le Canada possède un vaste éventail de types de sols et, comme la capacité de rétention des éléments nutritifs tels que le phosphore varie selon le type de sol, certains d'entre eux se prêtent mieux à une agriculture intensive. Le ruissellement de surface, le drainage en profondeur et l'érosion hydrique du sol sur les terres agricoles contribuent de façon significative au risque de contamination par le phosphore des eaux de surface de l'Est du Canada. Dans l'Ouest, le ruissellement de surface semble être le principal facteur contribuant au transport du phosphore. La mise en œuvre à l'échelle locale des plans de gestion des éléments nutritifs, des règlements, des pratiques de conservation et des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) a considérablement réduit l'excédent de phosphore dans certaines régions. L'accumulation des excédents de phosphore au fil du temps continue néanmoins à enrichir le sol en phosphore. Des efforts axés sur le contrôle des sources et du transport de phosphore devraient être mis en œuvre afin de réduire le risque de pertes de phosphore dans l'eau et de prévenir l'eutrophisation des eaux de surface et la prolifération d'algues.

L'enjeu

Le phosphore est un élément nutritif essentiel à toutes les plantes et à tous les animaux. Les agriculteurs l'ajoutent aux sols sous forme d'engrais phosphatés inorganiques, de fumier et de biosolides dans le but d'améliorer le rendement des cultures. L'intensification de l'agriculture et de l'élevage depuis le début des années 1950 a porté la teneur en éléments nutritifs du sol dans certaines régions à des niveaux excédant les besoins des cultures. Avec le temps, l'accumulation des excédents de phosphore a fini par enrichir le sol et par accroître le risque de transfert du phosphore depuis les champs agricoles jusqu'aux plans d'eau de surface.

Dans les systèmes naturels d'eau douce, le phosphore est présent en très faible concentration mais cette concentration peut varier considérablement en fonction de la taille du cours d'eau et des caractéristiques de l'écosystème. Les quantités excessives de phosphore dans les eaux douces de surface contribuent à l'eutrophisation des rivières et des lacs et à la prolifération des cyanobactéries, altérant la qualité de l'eau et en restreignant la consommation ou l'utilisation pour la baignade et d'autres activités récréatives (Carpenter et coll., 1998). De nombreux programmes et règlements gouvernementaux visent à promouvoir la réduction de la contamination par le phosphore au moment de l'entreposage et de l'épandage du fumier. Des plans de gestion des éléments nutritifs incluant le phosphore ont été élaborés expressément pour aider les producteurs à réduire le risque de contamination des plans d'eau adjacents par les éléments nutritifs au Québec (1997), en Ontario (2002) et au Manitoba (2006).

L'indicateur

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P) a été élaboré afin d'évaluer les tendances temporelles du risque de contamination des eaux de surface par le phosphore d'origine agricole à l'échelle des bassins versants. En premier lieu, la quantité annuelle de phosphore dissous pouvant être libérée par les sols agricoles (source de P) est estimée dans l'IRCE-P. Cette source est estimée en fonction des ajouts et retraits cumulatifs de phosphore (bilan de P) sur la période de 30 ans terminée en 2006 et du degré résultant de saturation en phosphore du sol. L'IRCE-P intègre alors la source de P au

moyen d'une fonction transport-hydrologie qui tient compte de processus tels que l'écoulement de surface, le drainage et l'érosion hydrique. L'IRCE-P prend aussi en considération la connectivité hydrologique, qui englobe un indice topographique, le drainage souterrain, le drainage superficiel et l'*écoulement préférentiel*. L'indicateur utilise l'information des fonctions hydrologiques et de transport afin d'évaluer la probabilité que le phosphore pénètre dans les cours ou plans d'eau.

L'IRCE-P a été calculé pour 280 bassins versants du Canada (Ressources naturelles Canada – 2003) comptant plus de 5 p. 100 de terres agricoles. Les résultats ont été comparés aux données de surveillance de la qualité de l'eau recueillies dans 88 bassins versants agricoles du Canada entre 1981 et 2001. Les valeurs de l'IRCE-P ont été regroupées séparément pour l'Ouest et l'Est du Canada dans cinq catégories de risque (très faible, faible, modéré, élevé et très élevé). Les catégories de risque sont des classements relatifs qui placent 50 p. 100 des bassins versants dans la catégorie de risque très faible, tandis que la tranche supérieure de 5 p. 100 des valeurs de l'IRCE-P tombe dans les catégories de risque élevé et très élevé dans chacune des deux régions.

Limites

L'IRCE-P évalue le risque associé au phosphore d'origine agricole; le phosphore d'origine non agricole n'est pas pris en compte. Le bilan de P cumulatif est calculé en fonction des données du Recensement de l'agriculture portant sur la période 1976-2006. Il n'y avait pas suffisamment de données pour tenir compte de l'enrichissement en P du sol avant 1976 au Canada, sauf en Ontario, où l'Institut potasse et phosphate du Canada avait suivi les tendances.

Les catégories de risque ont été définies séparément pour l'Est et l'Ouest du Canada afin de mieux tenir compte des conditions spécifiques à chaque région et elles ne sont donc pas comparables.

Les *facteurs de connectivité* hydrologique représentent les voies de transfert du P aux plans d'eau et étaient censés avoir le même poids dans toutes les régions agricoles du Canada.

Le calcul de l'IRCE-P prend en compte la plupart des PGB qui réduisent les niveaux de P à la source mais peu de PGB qui enrayent le mouvement du P dans le paysage. Ceci est dû au manque de données sur les PGB adoptées à l'échelle nationale telles que les bandes riveraines.

L'indicateur a été étalonné à l'aide des concentrations médianes annuelles en P de 88 bassins versants d'un bout à l'autre du pays. Le phosphore peut alors provenir de différentes sources, dont les rejets d'eaux usées et la zone forestière. Comme les activités agricoles peuvent être concentrées dans seulement une petite partie du bassin versant, la valeur de l'IRCE-P peut être influencée par la superficie non agricole du bassin.

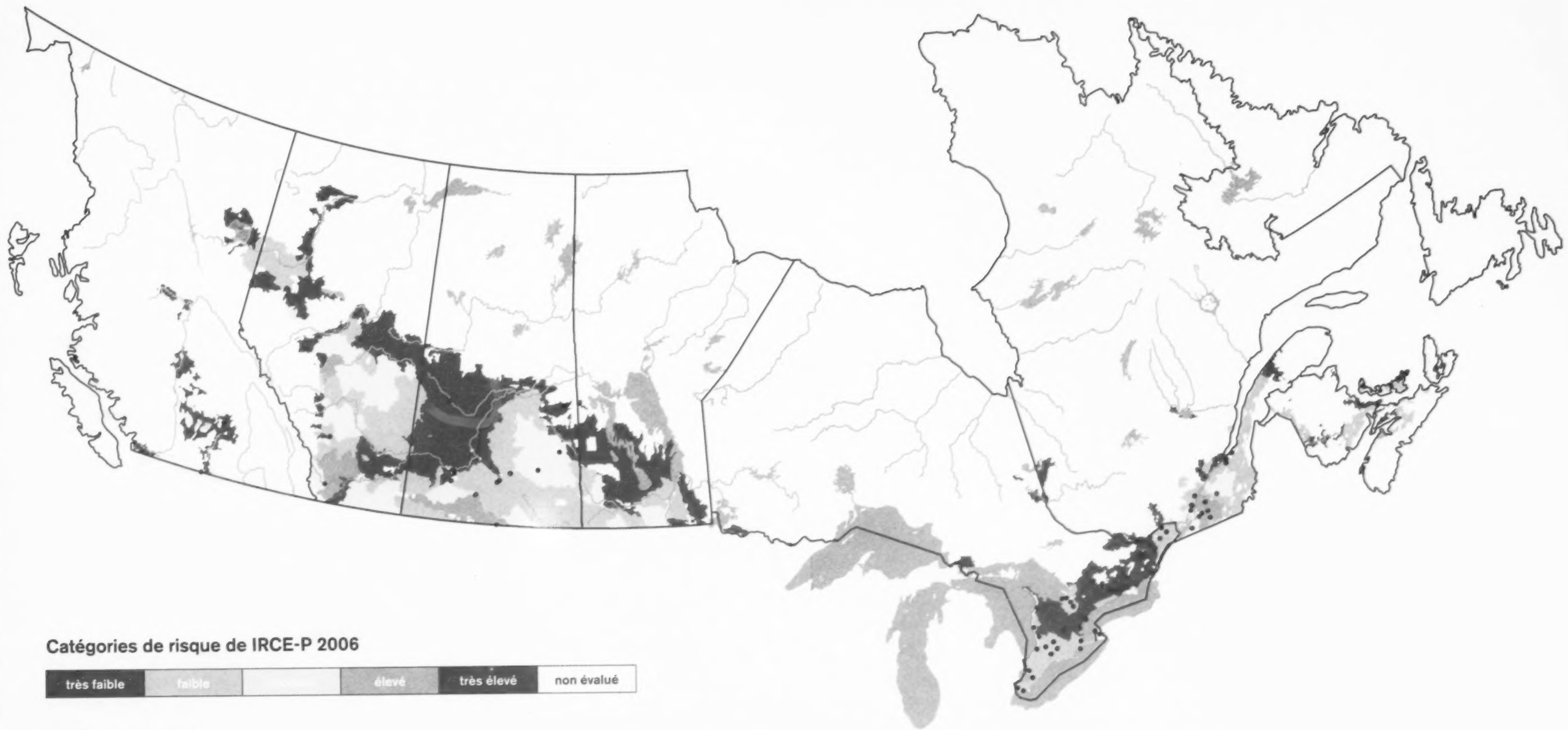
Toute PGB susceptible de ramener la quantité de P à un niveau qui ne dépasse pas les besoins des cultures ou d'entraver le transport du P vers les eaux de surface fera baisser le risque de contamination de l'eau par le phosphore

Résultats et interprétation

En 2006, on trouvait quatre bassins versants à risque très élevé et 12 bassins versants à risque élevé de contamination de l'eau par le phosphore dans l'Est (Nouvelle-Écosse, Québec, Ontario) et dans l'Ouest (Saskatchewan, Alberta et Colombie-Britannique), où l'association des facteurs d'intensité de l'agriculture et de transport du P présentent un risque important pour la qualité de l'eau et où des mesures d'atténuation devraient être mises en place (figure 13-1). On estime que 48 bassins versants se situaient dans la classe de risque modéré.

Entre 1981 et 2006, 43 p. 100 des 280 bassins versants sont passés à des catégories de risque plus élevé (figures 13-2 et 13-3), ce qui souligne la nécessité d'élargir l'adoption et la mise en œuvre des mesures de contrôle du phosphore afin de protéger les eaux de surface à risque de dégradation importante. L'analyse générale des tendances temporelles à l'échelle nationale (tableau 13-1) montre qu'entre 1981 et 2006, environ 7 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique sont passées de la catégorie de risque faible à la catégorie de risque très élevé pour la contamination de l'eau par le phosphore. On note également un transfert vers les catégories de risque plus élevé en Alberta, en Saskatchewan et au Manitoba depuis 1991, surtout en raison de la hausse constante du bilan de P (figure 13-4). Cependant, les valeurs de risque dépendent beaucoup du climat, comme le montre le tableau 13-1, où la proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible en 2001, année plus sèche (figure 13-5), était plus élevée qu'en 1996 et 2006. Le risque est resté stable en Ontario mais, au Québec, au Nouveau-Brunswick, en Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard, on observe la même tendance que dans les provinces des Prairies, c'est-à-dire un transfert graduel vers les catégories de risque plus élevé depuis 1991 (tableau 13-1).

Les valeurs et les tendances de l'IRCE-P sont fonction de l'intensité de l'agriculture, de son influence sur la source de P et des processus de transport, qui sont étroitement liés aux variations climatiques régionales (figure 13-5). Une tendance générale à la hausse des niveaux de source de P à la surface des sols agricoles du Canada est observable depuis 1976, les pratiques agricoles plus intensives ayant entraîné l'ajout d'une quantité de phosphore qui dépasse l'utilisation par les cultures (bilan de P annuel positif), d'où une plus grande saturation en phosphore du sol (figure 13-6). En 2006, les concentrations très élevées



Catégories de risque de IRCE-P 2006

très faible | faible | | élevé | très élevé | non évalué

• site de validation de qualité de l'eau

FIGURE 13-1 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

TABLEAU 13-1 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque de l'IRCE P, 1981–2006*

	Pourcentage des terres agricoles dans les cinq catégories de risque																											
	Très faible						Faible						Modéré						Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	93	93	93	93	93	93	7	7	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	3	4	4	0	0	0	0	3	3	7
AB	98	76	59	32	95	21	1	19	37	28	5	48	1	4	3	37	0	24	0	1	1	3	0	6	0	0	0	0	0	1
SK	88	59	43	50	80	43	12	31	24	48	16	32	0	6	30	2	3	17	0	4	2	0	0	7	0	0	0	0	0	0
MB	100	81	83	53	54	36	0	19	11	34	35	45	0	0	6	14	5	19	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0
ON	53	49	49	33	37	47	36	37	48	22	47	50	11	11	3	42	16	0	0	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
QC	37	34	31	8	32	13	55	39	38	38	40	46	8	27	23	17	20	22	0	0	8	29	8	18	0	0	0	8	0	0
NB	100	100	100	30	100	40	0	0	0	70	0	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	63	63	28	18	28	18	37	37	54	48	54	48	0	0	18	16	18	16	0	0	0	18	0	18	0	0	0	0	0	0
PE	34	100	34	21	34	6	66	0	66	79	66	56	0	0	0	0	0	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NL	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CANADA	**89**	**68**	**56**	**41**	**77**	**33**	**9**	**25**	**29**	**35**	**18**	**42**	**1**	**6**	**13**	**21**	**4**	**19**	**0**	**2**	**1**	**3**	**1**	**6**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**

* Proportion des terres agricoles classées pour tout le bassin versant calculée en pourcentage de la superficie agricole totale de la province.

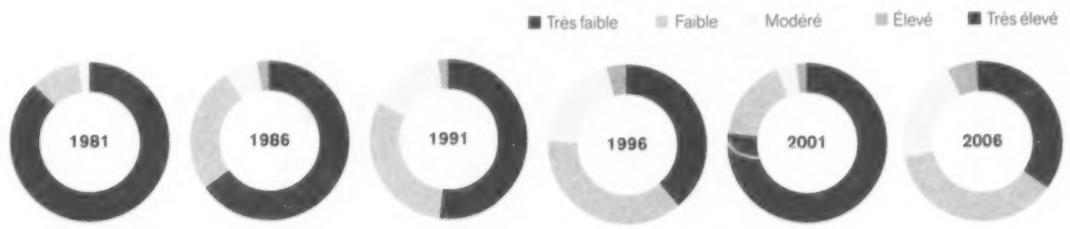


FIGURE 13-3 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque, par année de recensement

TABLEAU 13-2 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque de contamination de phosphore à la source, 1981–2006

	Pourcentage des terres agricoles dans les cinq catégories de risque																											
	Très faible						Faible						Modéré						Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	6	0	0	0	0	0	88	91	81	70	48	32	4	2	11	21	40	54	1	3	1	1	3	4	0	2	4	5	6	8
AB	59	54	47	35	17	7	41	45	53	63	81	83	0	0	0	1	1	9	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
SK	68	63	64	62	53	39	31	37	36	37	46	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB	100	100	92	87	77	61	0	0	8	12	23	36	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ON	37	25	19	17	15	14	56	60	58	49	45	42	7	15	23	29	31	35	0	0	1	5	9	10	0	0	0	0	0	0
QC	48	2	0	0	0	0	50	69	56	31	18	15	0	27	25	38	44	42	0	0	16	17	17	19	0	0	0	12	18	21
NB	72	2	0	0	2	2	26	88	64	47	13	4	2	8	26	41	62	60	0	2	8	10	14	24	0	0	2	2	9	11
NS	64	1	0	0	0	0	36	96	60	12	6	6	0	3	38	81	74	48	0	0	2	7	17	39	0	0	0	0	3	7
PE	66	0	0	0	0	0	34	100	74	32	0	0	0	0	26	67	69	54	0	0	0	0	30	46	0	0	0	0	0	0
NL	32	3	0	0	0	0	54	56	21	21	3	3	5	18	37	37	18	18	0	14	18	0	33	0	9	9	23	41	41	74
CANADA	**68**	**60**	**55**	**49**	**37**	**26**	**31**	**38**	**42**	**45**	**54**	**61**	**0**	**1**	**2**	**4**	**5**	**9**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**	**2**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**

* Proportion des terres agricoles classées pour tout le bassin versant calculée en pourcentage de la superficie agricole totale de la province.

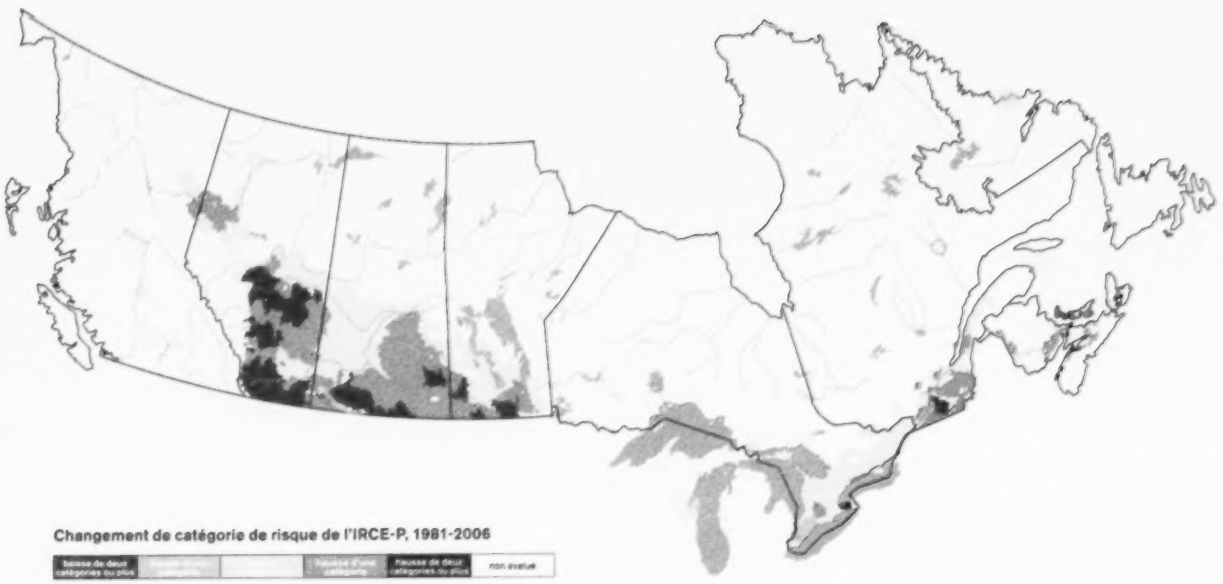


FIGURE 13-2 Changement dans la catégorie de risque de l'IRCE-P, 1981–2006

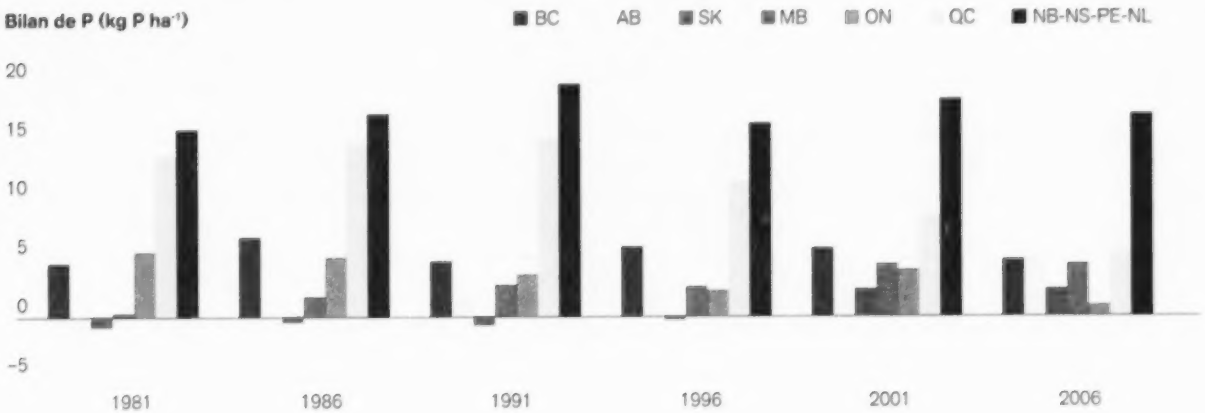


FIGURE 13-4 Bilan de P (kg P ha^{-1}), par province, 1981-2006

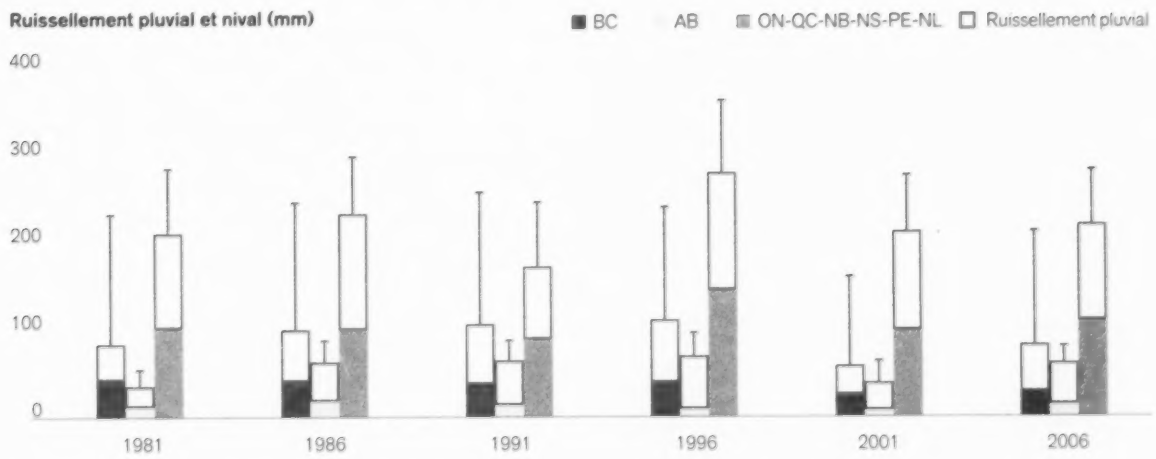


FIGURE 13-5 Ruissellement pluvial (bleu) et nival (blanc); les barres d'erreur indiquent un écart type du ruissellement total

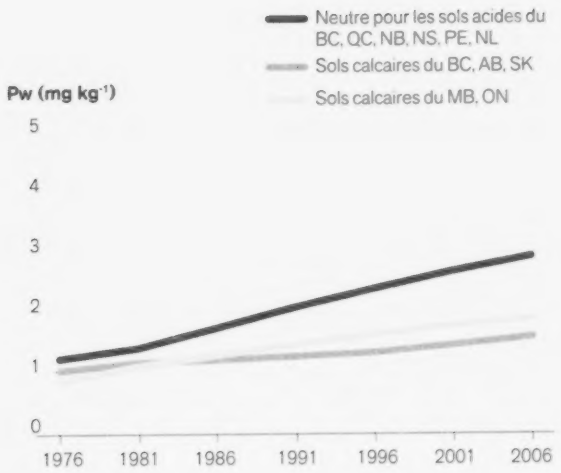


FIGURE 13-6 Source de P (mg P kg^{-1}), 1976–2006

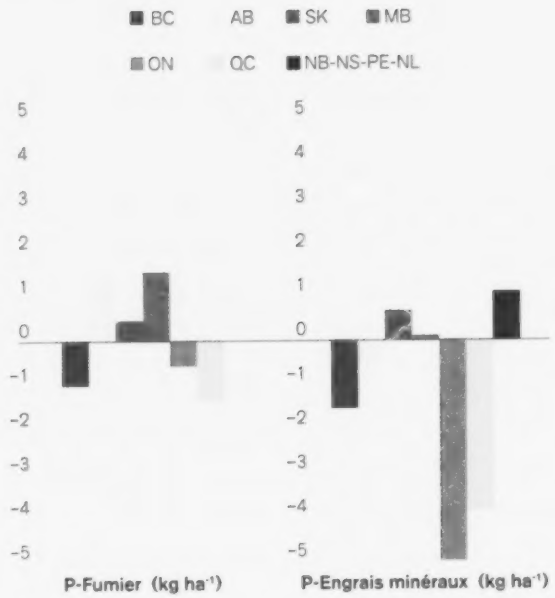


FIGURE 13-8 Changement des apports de P, 1981–2006

FIGURE 13-7 Risque de transfert du phosphore des terres agricoles selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

de P (plus de 4 mg de P par kg par an ou >4 mg P kg^{-1}) qui risquent d'être libérées par des événements pluvio-hydrologiques étaient situées dans les régions qui pratiquent une agriculture intensive depuis de nombreuses années et où la saturation en P des sols a atteint des niveaux élevés. Ces régions sont situées autour d'Abbotsford, en Colombie-Britannique; de Lethbridge, en Alberta; dans le bassin des Grands Lacs en Ontario; dans les basses-terres du Saint-Laurent au Québec; près de Grand Falls, au Nouveau-Brunswick; et dans la vallée de l'Annapolis, en Nouvelle-Écosse (figure 13-7). Des zones à risque élevé (de 3 mg P kg^{1} à 4 mg P kg^{1}) ont aussi été identifiées autour de ces régions ainsi qu'au Manitoba et à l'Île-du-Prince-Édouard.

Mesures d'intervention possibles

Toute PGB susceptible de ramener la quantité de P à un niveau qui ne dépasse pas les besoins des cultures ou d'entraver le transport du P vers les eaux de surface fera baisser le risque de contamination de l'eau par le phosphore. Par exemple, une utilisation appropriée de l'enzyme *phytase* dans les aliments pour animaux monogastriques permet aux producteurs de réduire les quantités de P à ajouter aux aliments et, par conséquent, la concentration en P du fumier. L'augmentation à l'échelle nationale de la proportion d'animaux alimentés avec des phytases fera baisser les quantités de P provenant du fumier. Une autre PGB susceptible de réduire le phosphore à la source est l'utilisation de cultures à fort prélèvement de P dans la rotation des cultures sur les sols riches en P. Ces cultures absorbent de grandes quantités de P, qui sont exportées au moment de la récolte. Des analyses périodiques des éléments nutritifs du sol et du fumier peuvent donner aux producteurs une meilleure idée du niveau d'éléments nutritifs déjà présents dans le sol ou susceptibles d'y être incorporés, ce qui peut être avantageux sur le plan économique et aider à gérer les niveaux de P dans le sol. À long terme, ces pratiques de gestion peuvent entraîner une réduction progressive de la quantité de P dans le sol susceptible d'être transportée vers les eaux de surface et ramener les agroécosystèmes dans des catégories de risque plus faible.

La mise en œuvre de PGB visant à prévenir l'introduction de P dans le réseau de drainage, comme l'établissement de bandes riveraines autour des plans d'eau, aidera à réduire le risque de contamination par le phosphore des eaux de surface. Les bandes riveraines peuvent toutefois entraver les activités agricoles. Afin d'accroître l'acceptabilité des bandes riveraines pour les producteurs, il faudrait prioriser les espèces végétales offrant un rendement économique potentiel aux agriculteurs.

L'IRCE-P permet l'identification des régions à risque élevé de contamination de l'eau par le phosphore d'origine agricole. Un examen plus détaillé des pratiques agricoles en vigueur dans ces régions pourrait révéler les caractéristiques qui contribuent au risque de contamination de l'eau par le phosphore. Ceci pourrait faciliter la mise en place de pratiques d'atténuation ou d'efforts de recherche ciblés.

L'IRCE-P pourrait être affiné en y intégrant des renseignements sur les PGB existantes ou nouvelles qui ont été adoptées et qui ont un impact considérable sur la source et le transport du P. Il existe actuellement un manque de données nationales sur l'étendue et la localisation de ces PGB. Ceci signifie que peu de PGB associées au volet transport de l'IRCE-P sont dûment prises en compte par l'algorithme de l'indicateur. Les infrastructures permettant le contrôle du ruissellement de surface seraient faciles à inclure dans l'évaluation de l'IRCE-P. Par exemple, l'intégration au calcul de l'IRCE-P des données sur les bandes riveraines entourant les plans d'eau de surface, lorsqu'elles deviendront plus faciles à obtenir à l'échelle nationale, permettra de tenir compte de leur impact sur le transport du P jusqu'aux eaux de surface.

Références

Carpenter, S.R., Caraco, N.F., Correll, D.L., Howath R.W., Sharpley, A.N., et Smith, V.H. (1998). Non-point pollution of surface waters with phosphorus and nitrogen. *Journal of Applied Ecology 8* 559-568.

Castillon, P. (2005). *Le phosphore : sources, flux et rôle pour la production végétale et l'eutrophisation.* INRA Prod. Anim. 18: 153-158.

Gueguen, L. (2005). *La petite histoire du phosphore en alimentation animale : les grandes étapes du demi-siècle.* INRA Prod. Anim. 18: 149-151.

Ressources naturelles Canada. (2003). *Données fondamentales sur les aires de drainage du Canada : Données-cadres à l'échelle nationale sur l'hydrologie au Canada, version 5.0.* Ottawa (Ont.), Canada.

14 Coliformes

AUTEURS
E. van Bochove, E. Topp, G. Thériault, JT. Denault, S. Allaire, F. Dechmi et A.N. Rousseau

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

Le fumier d'origine animale peut être utilisé comme engrais organique pour les cultures. Il peut aussi être une source potentielle de pathogènes tels que les virus, les bactéries et les protozoaires. En agriculture moderne, l'utilisation intensive du fumier comme engrais a accentué le risque de contamination des eaux de surface par les pathogènes. La population canadienne s'inquiète de plus en plus de la qualité de l'eau qu'elle consomme ou utilise dans le cadre de ses activités quotidiennes. La qualité bactériologique de l'eau est souvent évaluée en utilisant le dénombrement de bactéries coliformes comme indicateur de contamination fécale.

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes) a été développé afin d'évaluer le risque de contamination de l'eau par les micro-organismes entériques d'origine agricole et d'aider à élaborer des programmes et politiques visant à promouvoir des pratiques de gestion du fumier qui réduisent au minimum la contamination de l'eau. L'IRCE-Coliformes comporte deux grands volets : l'un quantifie la source des matières fécales et les bactéries coliformes qu'elle propage, tandis que l'autre décrit les processus de transport et la connectivité entre les terres agricoles et les plans d'eau.

Le degré d'exposition de l'environnement au fumier varie beaucoup à l'échelle du Canada. Dans les Prairies, le fumier est déposé sur les pâturages des régions à forte densité de bétail; dans l'Est du Canada, il est épandu sur les champs après avoir été produit par les animaux élevés en claustration. Dans les Prairies, la combinaison pâturage/ruissellement compte pour près de 90 p. 100 du risque de contamination de l'eau. Dans l'Est du Canada, le risque est surtout associé au fumier épandu et il est très sensible aux conditions climatiques régnant au moment de l'épandage.

Dans l'ensemble, en 2006, quelques bassins versants courant un risque élevé ou très élevé de contamination de l'eau par les coliformes se trouvaient en Colombie-Britannique, en Alberta et en Ontario, surtout à cause du degré élevé de coliformes provenant des opérations d'alimentation concentrée du bétail. La Saskatchewan, le Québec et le Nouveau-Brunswick, où les bassins versants affichaient un risque modéré persistant, suivaient de près. Les autres bassins versants du Canada couraient un risque faible ou très faible.

L'enjeu

Étant donné la récente intensification de l'agriculture canadienne, la population est plus consciente que jamais de l'agriculture et de ses effets sur l'environnement, dont la contamination de l'eau par les matières fécales. Le potentiel de contamination se mesure à la quantité de coliformes thermotolérants, qui sont des bactéries présentes dans toutes les déjections animales. Les conséquences de la contamination de l'eau par les coliformes comprennent des coûts de traitement plus élevés, la perte de jouissance des eaux à vocation récréative, une expansion limitée du secteur de l'élevage ainsi que les risques de maladie ou de décès dans la population humaine. Dans les bassins versants mixtes, les sources de contamination des eaux de surface, souvent nombreuses, peuvent comprendre les eaux usées municipales, les écoulements des fosses septiques, la faune et l'élevage.

Le fumier d'origine animale est souvent utilisé en agriculture comme source utile d'éléments nutritifs pour la croissance des cultures. La composition microbienne du fumier varie considérablement selon le type d'animaux d'élevage (volailles, porcs, bovins, etc.) et la santé du troupeau. L'utilisation du fumier comme source d'engrais agricole peut donc poser des risques pour la santé environnementale et humaine, particulièrement en cas de contamination de l'eau par les pathogènes. Le risque de contamination de l'eau par les coliformes est sans doute à son plus haut niveau dans les régions à forte production de fumier où les réseaux de drainage sont denses et qui sont très sensibles au ruissellement, à l'écoulement préférentiel et à l'érosion du sol.

Au Canada, il est possible d'observer une intensification des productions laitières, des bovins de boucherie, des porcs et des volailles dans des exploitations agricoles moins nombreuses mais plus vastes (figure 14-1). Une des conséquences est la

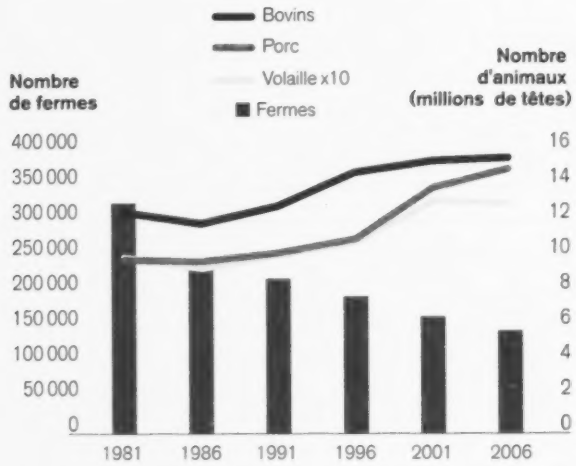


FIGURE 14-1 Tendances temporelles en matière de production bovine (bovins à viande et vaches laitières), production porcine et production avicole (lignes) et du nombre d'exploitations agricoles (barres), 2006

production de plus vastes quantités de fumier qui doivent être épandues dans des zones de plus en plus réglementées. La gestion du fumier en agriculture est d'une importance critique pour la protection de l'environnement et de la qualité de l'eau et pour la durabilité de l'agroécosystème.

L'indicateur

L'IRCE-Coliformes évalue le risque relatif de contamination des eaux de surface par les matières fécales d'origine agricole en utilisant les coliformes thermotolérants comme marqueur. Il évalue aussi l'évolution de ce risque dans le temps. C'est un outil qui permet de déterminer les modifications à apporter aux pratiques agricoles afin de réduire le risque.

L'IRCE-Coliformes est calculé en estimant le nombre possible de coliformes d'origine agricole (source de coliformes) et la probabilité de transport jusqu'aux eaux de surface. Il y a cinq catégories de risque : très faible, faible, modéré, élevé et très élevé. Les catégories de risque sont des classements relatifs qui placent 50 p. 100 des bassins versants dans la catégorie de risque très faible, tandis que la tranche supérieure de 5 p. 100 des valeurs de l'IRCE-Coliformes tombe dans les catégories de risque élevé et très élevé.

Le volet source des coliformes prend en compte le fumier des quatre principaux types d'animaux d'élevage (bovins, porcs, moutons et volailles), qui constituent au moins 80 p. 100 de l'industrie canadienne de l'élevage. Les populations quotidiennes moyennes de coliformes provenant des animaux élevés en pâturage ou en claustration sont estimées à l'aide des coefficients de production de fumier, des coefficients de coliformes fécaux (ASAE, 2003) et du taux quotidien de décroissance (Himathongkham et coll., 1999). Les coliformes provenant du fumier des animaux en pâturage étaient considérés comme transportables le jour même où ils étaient produits, tandis que ceux provenant du fumier des animaux en claustration étaient présumés transportables seulement au moment de l'épandage du fumier sur les champs. Quatre périodes d'épandage par an dans chaque province ont été considérées variant en fonction du premier et du dernier jour de gel du sol et des dates de récolte.

Le volet transport, adapté à partir de l'IRCE-Phosphore (van Bochove et coll., 2008) (voir le chapitre 13), intègre trois processus de transport (ruissellement, drainage en profondeur et érosion hydrique du sol) ainsi que des facteurs tenant compte des liens entre les sources de coliformes et les plans d'eau (indice topographique, drainage souterrain, drainage superficiel et écoulement préférentiel). L'impact de différentes stratégies de gestion du fumier (p. ex. incorporation dans le sol, épandage en surface et *compostage*) sur la possibilité que les bactéries coliformes soient transportées par le ruissellement a aussi été pris en considération dans les calculs.

Limites

La contamination par les coliformes provenant des eaux usées municipales, des fosses septiques qui fuient et de la faune n'est pas considérée par l'indicateur. Il est également supposé que les animaux en pâturage n'avaient pas directement accès aux eaux de surface. Les données sur les périodes d'épandage du fumier et le climat, disponibles aux niveaux de la province et de l'*écodistrict* respectivement, étaient appliquées de façon uniforme aux polygones à l'intérieur de l'échelle des données. Lorsque les concentrations de coliformes thermotolérants dans le fumier frais de certaines catégories d'animaux n'étaient pas disponibles, elles étaient extrapolées à partir des données concernant des animaux comparables.

Les valeurs de l'IRCE-Coliformes prennent en compte la population active de coliformes présents dans les terres agricoles au moment du ruissellement causé par les précipitations. Les jours de ruissellement sont imprévisibles, car ces événements sont déclenchés par des conditions climatiques particulières qui varient d'une année à l'autre. Les données climatiques quotidiennes pour 2006 n'étaient pas disponibles à l'échelle nationale. La carte du risque pour 2006 a donc été produite selon les conditions climatiques moyennes estimées à partir des données climatiques pour une année humide (1996) et une année sèche (2001).

Résultats et interprétations

En 2006, trois bassins versants à risque très élevé et 11 bassins versants à risque élevé de contamination de l'eau par les coliformes se trouvaient en Colombie-Britannique, en Alberta et en Ontario, où l'intensité de l'agriculture et le transport des

coliformes présentent un risque important pour la qualité de l'eau et où des mesures d'atténuation devraient être mises en place (figure 14-2). À l'échelle nationale, ces versants représentaient 7 p. 100 des terres agricoles (figure 14-3). On estimait que 26 bassins versants, constituant 16 p. 100 des terres agricoles, couraient un risque modéré. Tous les autres bassins versants du Canada étaient à risque faible ou très faible. L'IRCE-Coliformes variait d'une année à l'autre entre 1981 (figure 14-4) et 2006 (figure 14-2). On note toutefois une tendance générale à la hausse, la superficie agricole dans la catégorie de risque très faible ayant beaucoup diminué alors que toutes les autres, particulièrement les catégories de risque faible et modéré, ont augmenté (tableau 14-1).

Les bassins versants à risque modéré ou élevé correspondent généralement aux régions où les taux d'apport de coliformes sont élevés parce que l'élevage est intensif et que ces animaux produisent beaucoup de fumier. C'est dans l'Ouest de l'Alberta qu'on trouvait la plus grande quantité de fumier laissé sur les pâturages – ce qui facilitait le transport des coliformes par ruissellement. Il y avait aussi de petites zones de production abondante du fumier dans le Sud-Est de la Saskatchewan et au Manitoba (figure 14-5). Les régions qui affichaient une incidence élevée de coliformes provenant du fumier épandu comprenaient la vallée du Bas-Fraser de la Colombie-Britannique, le Sud-Ouest et l'Est de l'Ontario, et l'Est du Québec (figure 14-6).

L'évolution du risque de contamination entre 1981 et 2006 était attribuable aux changements dans la source de coliformes et aux variations météorologiques observées au cours des années de recensement. Durant cette période de 25 ans, la source de coliformes a pris de l'ampleur sur 31 p. 100 des terres agricoles du Canada en conséquence de l'augmentation du nombre d'animaux d'élevage (figure 14-7). Elle a toutefois reculé dans les régions d'agriculture intensive de l'Ontario, principalement en raison d'une petite diminution du secteur de l'élevage bovin. D'autres régions telles que la vallée de la rivière Saint-Jean au Nouveau-Brunswick et la partie centrale de la Colombie-Britannique affichaient également une réduction de la source de coliformes parce qu'on y trouvait moins de vaches laitières et d'animaux d'élevage en général.

Les conditions météorologiques ont un impact important sur le risque de contamination de l'eau par les coliformes au cours d'une année donnée. Entre 1981 et 2006, la plus faible proportion de terres agricoles canadiennes à très faible risque (15 p. 100) a été enregistrée en 1996, une année humide. Par contraste, cette proportion était de 67 p. 100 en 2001, une année plus sèche (tableau 14-1).

La disponibilité de la source de coliformes au moment des événements de ruissellement joue aussi un rôle critique dans la détermination du risque. Dans les provinces de l'Ouest, certains animaux demeurent à l'extérieur durant l'hiver, ce qui maintient la quantité de coliformes transportables à un niveau élevé tout au long de l'année (figure 14-8). Dans les Prairies, le ruissellement nival du printemps représente presque tout le ruissellement annuel, et le ruissellement des pâturages compte pour près de 90 p. 100 de la valeur du risque.

Dans l'Est du Canada, le risque est distribué de façon plus égale entre les saisons. La plupart des animaux (environ 98 p. 100 des vaches laitières et 85 p. 100 des bovins à viande) sont élevés en claustration durant l'hiver, et le fumier est entreposé en attendant d'être épandu durant la saison plus chaude. La plus grande quantité de fumier entreposé (environ 60 p. 100 du fumier entreposé chaque année) est épandue au printemps avant le semis (de mars à avril); le fumier est aussi épandu en grandes quantités en mai lorsque les cultures commencent à pousser et à l'automne (figure 14-9). Les conditions météorologiques qui règnent durant ou après les périodes d'épandage ont un impact critique sur le niveau de risque.

Les bassins versants à risque modéré ou élevé correspondent généralement aux régions où les taux d'apport de coliformes sont élevés parce que l'élevage est intensif et que ces animaux produisent beaucoup de fumier.

Mesures d'intervention possibles

À l'échelle nationale, le fumier excrété par les animaux en pâturage constituait la plus importante source de coliformes susceptibles d'être transportés jusqu'aux eaux de surface. Indépendamment des événements pluviométriques, l'accès direct des animaux aux eaux de surface, dont le modèle d'indicateur ne tient pas compte pour le moment, présente un risque de contamination par les coliformes. La mise en œuvre de bonnes pratiques (p. ex. clôturer les plans de surface) aidera à réduire ce risque.

Considérant l'épandage du fumier, toute pratique qui incorpore le fumier dans le sol immédiatement ou peu après l'épandage réduira substantiellement le risque de transport des coliformes jusqu'aux plans d'eau. Il en va de même pour les efforts visant à atténuer l'érosion par l'eau des terres qui reçoivent du fumier. Les pratiques qui limitent le volume de fumier par animal et les pratiques qui en stabilisent le contenu (p. ex. compostage) aideront à réduire la quantité de coliformes produits par les animaux d'élevage et donc le risque de contamination de l'eau par les coliformes.

Le secteur de l'agriculture se dirige vers l'intensification des opérations d'élevage, en ce qui concerne non seulement la taille des exploitations agricoles mais aussi leur proximité à l'intérieur des régions. Dans ces conditions, lorsque le territoire avoisinant

IRCE-Coliformes 2006

très faible | faible | élevé | très élevé | non évalué

FIGURE 14-2 Risque de contamination de l'eau par les coliformes dans les bassins versants agricoles selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

FIGURE 14-4 Risque de contamination de l'eau par les coliformes dans les bassins versants agricoles selon les pratiques de gestion en vigueur en 1981

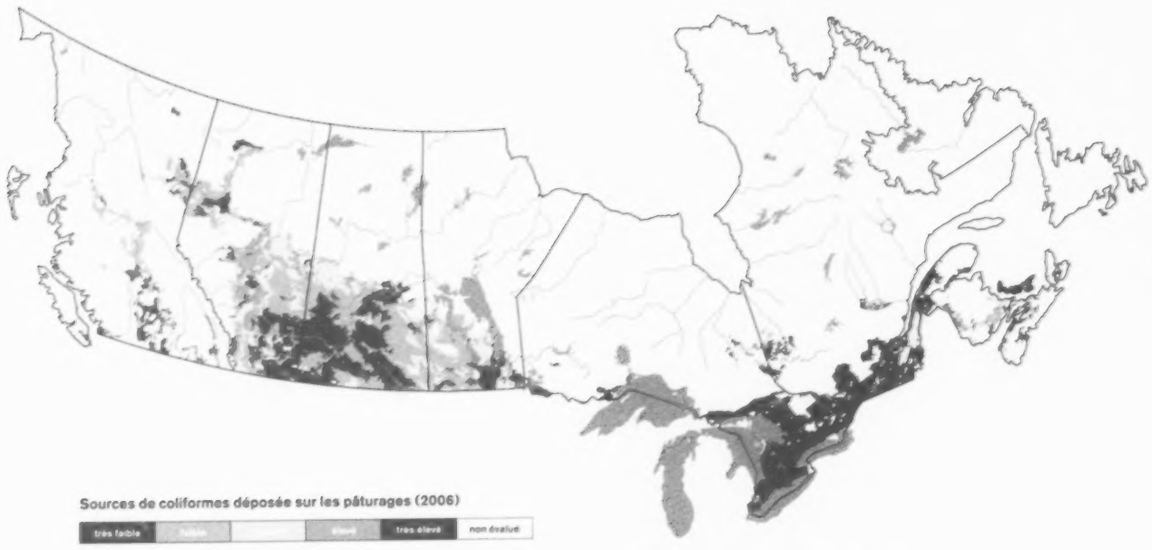


FIGURE 14-5: Source de coliformes sur les pâturages selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

TABLEAU 14-1 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque de contamination par les coliformes, 1981-2006*

	Pourcentage des terres agricoles dans les cinq catégories de risque																											
	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	93	93	93	93	93	93	0	0	5	0	5	5	5	5	0	5	0	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	0
AB	77	26	25	13	46	14	22	40	32	24	48	47	1	26	26	34	5	30	0	9	17	28	0	10	0	0	0	0	0	0
SK	100	94	100	6	94	24	0	6	0	61	6	66	0	0	0	30	0	10	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0
MB	100	82	85	24	82	64	0	18	15	67	18	36	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ON	42	15	34	26	39	43	18	37	32	37	25	21	12	12	11	19	6	8	26	11	14	18	7	12	2	25	10	0	23	16
QC	52	54	50	26	42	43	48	32	50	62	46	44	0	14	0	12	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NB	17	17	17	17	50	30	60	43	43	43	26	46	0	17	17	17	23	23	23	23	23	23	0	0	0	0	0	0	0	0
NS	28	10	28	26	82	44	54	46	54	57	18	56	18	26	18	18	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PE	34	34	34	34	34	34	66	66	66	66	66	66	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NL	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
CANADA	**83**	**57**	**61**	**15**	**67**	**29**	**12**	**24**	**19**	**45**	**27**	**49**	**2**	**11**	**11**	**27**	**3**	**16**	**3**	**5**	**8**	**14**	**1**	**5**	**0**	**2**	**1**	**0**	**2**	**2**

* Pourcentage des terres agricoles classées pour tout le bassin versant par rapport à la superficie agricole totale de la province

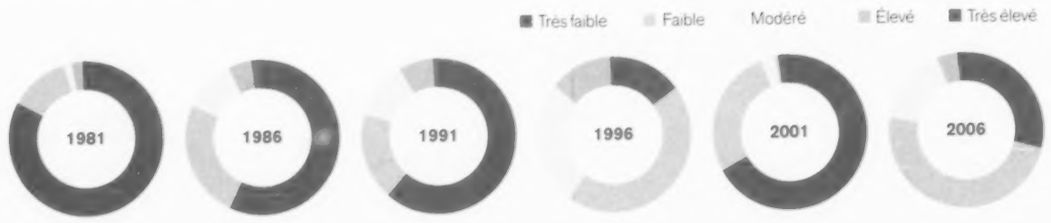


FIGURE 14-3 Pourcentage des terres agricoles dans les différentes catégories de risque de contamination par les coliformes, par année du Recensement de l'agriculture.

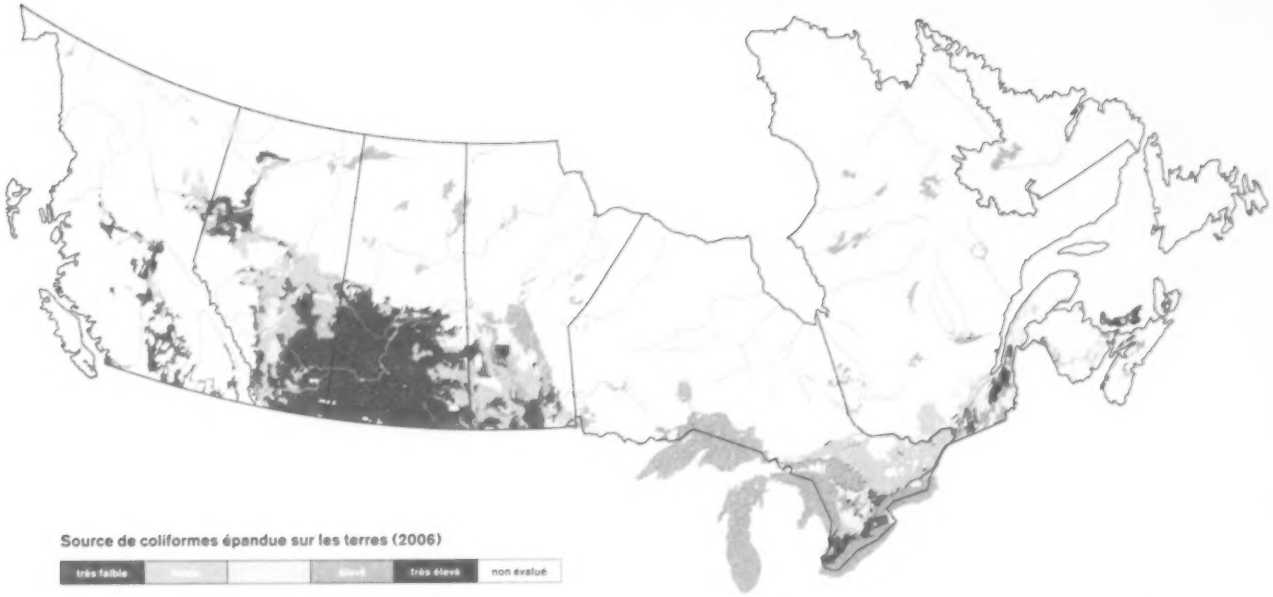


FIGURE 14-6 Source de coliformes épandue sur les terres agricoles selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006

FIGURE 14-7 Source de coliformes – changement de catégorie de risque, 1981–2006

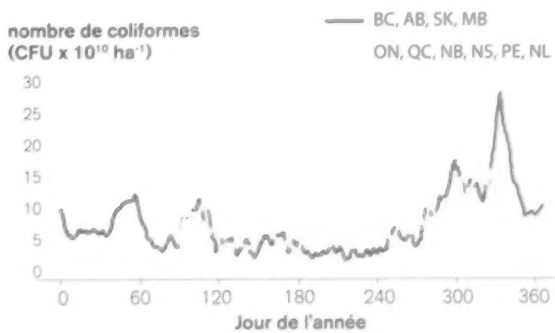


FIGURE 14-8 Intensité moyenne quotidienne de la population de coliformes déposés sur les pâturages, 2006

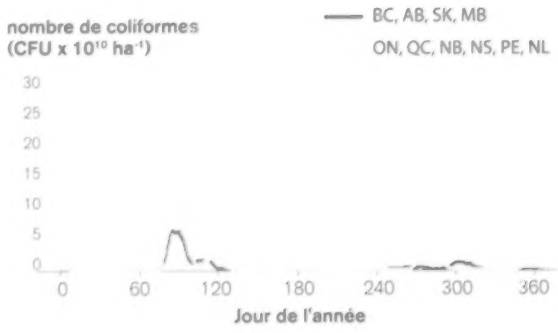


FIGURE 14-9 Intensité moyenne quotidienne de la population de coliformes épandus sur les terres agricoles, 2006

est trop petit pour accepter les fumiers de façon durable, il est encore plus important d'élaborer des stratégies visant à réduire la charge microbienne du fumier. Par exemple, la hausse des coûts de l'énergie et des éléments nutritifs inorganiques des cultures (N et P) peut stimuler l'adoption de techniques avancées de gestion du fumier telles que les digesteurs de *biogaz* et le fractionnement des boues liquides qui stabilisent le fumier et capturent les éléments nutritifs. Certaines pratiques peuvent entraver le transport des micro-organismes jusqu'aux eaux adjacentes. Ces pratiques comprennent l'utilisation de clôtures et l'abreuvement hors site pour empêcher ou décourager l'accès des animaux en pâturage aux cours d'eau. On peut gérer les risques de transport en épandant le fumier à une distance suffisante des plans ou cours d'eau, en aménageant des bandes riveraines et en tenant compte de la pente, de la teneur en eau des sols et des conditions climatiques au moment de l'épandage.

L'IRCE-Coliformes permet d'identifier les régions à risque élevé de contamination de l'eau par les matières fécales. Une analyse détaillée des volets de l'IRCE-Coliformes et des activités agricoles des régions à risque élevé pourrait révéler les caractéristiques régionales qui se traduisent par un risque élevé. On peut alors tenir compte de ces caractéristiques dans l'établissement des priorités de recherche ou d'intervention afin d'atténuer le problème.

Une analyse de sensibilité des résultats de l'IRCE-Coliformes peut permettre d'identifier le volet de l'indicateur qui joue le plus grand rôle dans la valeur définitive du risque. On peut alors suggérer différentes pratiques de gestion bénéfiques (PGB) pour atténuer le risque. Cependant, plusieurs PGB sont coûteuses en termes de main-d'œuvre, de perte de terres cultivées ou de dépenses agricoles. Les efforts de recherche doivent mettre l'accent sur les mesures à prendre pour rendre les PGB plus acceptables au niveau de l'exploitation agricole. Il faudrait notamment évaluer l'aménagement de bandes riveraines pour les espèces végétales de valeur telles que le panic érigé, les arbustes et les arbres.

Enfin, la recherche devrait être axée sur les sources spécifiques d'autres pathogènes d'origine hydrique qui menacent la santé des êtres humains et de l'écosystème.

Références

American Society of Agricultural Engineers. (2003). *Manure Production and Characteristics*. ASAE D384.1 FEB03.

Himathongkham, S., Bahari S., Riemann H., et Cliver, D. (1999). Survival of escherichia coli O157: H7 and salmonella typhimurium in cow manure and cow manure slurry. *Fems Microbiology Letters 178* 251-257.

van Bochove, E., Thériault, G., Dechmi, F., Allaire, S.E., Khiari, L., Rousseau A.N. et Denault, J.-T. (2008). Risk of phosphorus loss from the Canadian agricultural land at the watershed scale: 25-year temporal trend. Manuscrit soumis pour publication.

15 Pesticides

AUTEURS
A.J. Cessna, C. Sheedy, A. Farenhorst
et D.A.R. McQueen

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2006

Sommaire

L'utilisation de pesticides agricoles dans la lutte contre les mauvaises herbes, les insectes et les maladies constitue un volet important de l'agriculture canadienne. On craint toutefois qu'une partie des pesticides épandus sur les terres agricoles migre vers un environnement plus vaste et finisse par contaminer les eaux de surface et souterraines, avec des conséquences possibles pour l'environnement et la santé humaine.

L'Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest) a été élaboré afin d'évaluer le risque relatif de contamination des eaux de surface et souterraines par les pesticides dans les zones agricoles du Canada. Ces estimations du risque prennent en compte la quantité de pesticide appliquée, ses propriétés physiques et chimiques, les caractéristiques du pédo-paysage, les systèmes de culture et le climat. L'analyse nationale indique que le risque de contamination des eaux souterraines est généralement beaucoup moins élevé que celui des eaux de surface. Entre 1981 et 2006, plus de 99 p. 100 des terres agricoles du Canada se classaient dans la catégorie de risque très faible pour la contamination des eaux souterraines. L'estimation du risque de contamination des eaux de surface correspond donc au risque global de contamination de l'eau par les pesticides. Le risque global a augmenté entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres cultivées passant de 98 p. 100 à 86 p. 100 dans les catégories de risque faible et très faible et de 0 p. 100 à 5 p. 100 dans les catégories de risque élevé et très élevé.

L'enjeu

Les agriculteurs canadiens utilisent les pesticides afin de prévenir les pertes économiques attribuables aux mauvaises herbes, aux insectes et aux maladies. Les pesticides aident à accroître la productivité agricole, mais ils peuvent migrer des terres agricoles vers un environnement plus vaste, contribuant ainsi à la contamination des eaux de surface et souterraines (figure 15-1).

Les études de surveillance effectuées au cours des 20 dernières années montrent que des résidus de pesticides sont présents dans certaines eaux souterraines et de surface au Canada (Cessna et coll., 2005). Des pesticides ont été détectés dans les eaux de surface de toutes les provinces et dans 2 p. 100 à 40 p. 100 des puits recensés en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario, en Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard. Bien que certains programmes de surveillance soient en place pour les eaux de surface, des lignes directrices sur la qualité de l'eau n'ont pas été établies pour la plupart des pesticides utilisés en agriculture au Canada.

Le public canadien est de plus en plus conscient des pesticides et autres produits agrochimiques qui s'infiltrent dans l'environnement et risquent d'affecter la qualité de l'environnement et la santé humaine. Les incidences à long terme des pesticides sur la santé humaine et environnementale étant mal comprises, les Canadiens restent préoccupés par la sécurité de leur eau potable et de leur approvisionnement alimentaire, et par les effets des pesticides sur l'habitat faunique et la biodiversité. Agriculture et Agroalimentaire Canada répond à ces préoccupations en encourageant les agriculteurs à adopter des

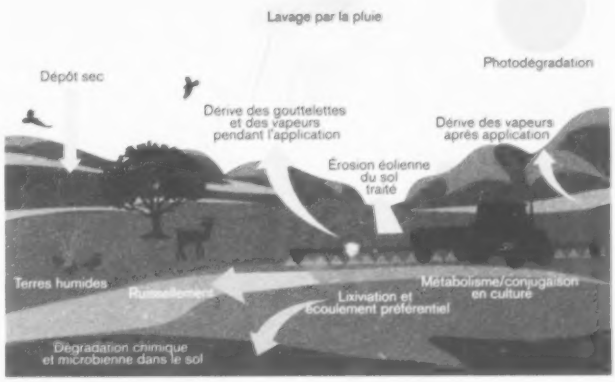


FIGURE 15-1 Processus impliqués dans le transfert des pesticides depuis le site de l'application (Cessna et coll., 2005)

15 Pesticides

AUTEURS
A.J. Cessna, C. Sheedy, A. Farenhorst et D.A.R. McQueen

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides

PORTÉE
Échelle nationale; 1981 à 2006

Sommaire

L'utilisation de pesticides agricoles dans la lutte contre les mauvaises herbes, les insectes et les maladies constitue un volet important de l'agriculture canadienne. On craint toutefois qu'une partie des pesticides épandus sur les terres agricoles migre vers un environnement plus vaste et finisse par contaminer les eaux de surface et souterraines, avec des conséquences possibles pour l'environnement et la santé humaine.

L'Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest) a été élaboré afin d'évaluer le risque relatif de contamination des eaux de surface et souterraines par les pesticides dans les zones agricoles du Canada. Ces estimations du risque prennent en compte la quantité de pesticide appliquée, ses propriétés physiques et chimiques, les caractéristiques du pédo-paysage, les systèmes de culture et le climat. L'analyse nationale indique que le risque de contamination des eaux souterraines est généralement beaucoup moins élevé que celui des eaux de surface. Entre 1981 et 2006, plus de 99 p. 100 des terres agricoles du Canada se classaient dans la catégorie de risque très faible pour la contamination des eaux souterraines. L'estimation du risque de contamination des eaux de surface correspond donc au risque global de contamination de l'eau par les pesticides. Le risque global a augmenté entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres cultivées passant de 98 p. 100 à 86 p. 100 dans les catégories de risque faible et très faible et de 0 p. 100 à 5 p. 100 dans les catégories de risque élevé et très élevé.

L'enjeu

Les agriculteurs canadiens utilisent les pesticides afin de prévenir les pertes économiques attribuables aux mauvaises herbes, aux insectes et aux maladies. Les pesticides aident à accroître la productivité agricole, mais ils peuvent migrer des terres agricoles vers un environnement plus vaste, contribuant ainsi à la contamination des eaux de surface et souterraines (figure 15-1).

Les études de surveillance effectuées au cours des 20 dernières années montrent que des résidus de pesticides sont présents dans certaines eaux souterraines et de surface au Canada (Cessna et coll., 2005). Des pesticides ont été détectés dans les eaux de surface de toutes les provinces et dans 2 p. 100 à 40 p. 100 des puits recensés en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan, en Ontario, en Nouvelle-Écosse et à l'Île-du-Prince-Édouard. Bien que certains programmes de surveillance soient en place pour les eaux de surface, des lignes directrices sur la qualité de l'eau n'ont pas été établies pour la plupart des pesticides utilisés en agriculture au Canada.

Le public canadien est de plus en plus conscient des pesticides et autres produits agrochimiques qui s'infiltrent dans l'environnement et risquent d'affecter la qualité de l'environnement et la santé humaine. Les incidences à long terme des pesticides sur la santé humaine et environnementale étant mal comprises, les Canadiens restent préoccupés par la sécurité de leur eau potable et de leur approvisionnement alimentaire, et par les effets des pesticides sur l'habitat faunique et la biodiversité. Agriculture et Agroalimentaire Canada répond à ces préoccupations en encourageant les agriculteurs à adopter des

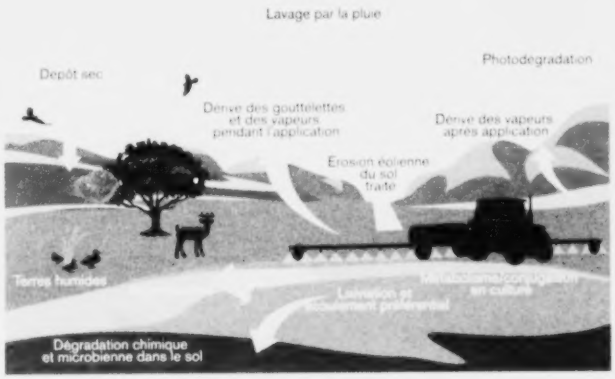


FIGURE 15-1 Processus impliqués dans le transfert des pesticides depuis le site de l'application (Cessna et coll., 2005)

TABLEAU 15-1 Catégories de risque de l'IRCE-Pest. selon la concentration de pesticides dans l'eau et la quantité totale de pesticides transférés

Concentration (µg L^{-1})	Pesticide transféré (g ha^{-1}) 0–3.99	4.00–7.99	8.00–11.99	12.00–16.00	>16.00
0–0.49	très faible	très faible	faible	[illegible]	élevé
0.50–1.00	très faible	faible	[illegible]	élevé	très élevé
>1.00	faible	[illegible]	élevé	très élevé	très élevé

pratiques de gestion qui permettent de réduire la migration des pesticides ou la quantité utilisée.

L'indicateur

L'indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pest.), qui en voie de préparation, évalue le risque relatif de contamination de l'eau par les pesticides employés en agriculture, c'est-à-dire la présence de pesticides dans l'eau, et tient compte des changements apportés aux pratiques de gestion agricole qui se répercutent sur l'utilisation et le transport des pesticides.(Nota : il ne s'agit pas du risque biologique attribuable à la toxicité des pesticides.) L'indicateur utilise le modèle PRZM (Pesticide Root Zone Model) (Carsel et coll., 1998) pour estimer la quantité de pesticides qui pénètrent dans le milieu ambiant en fonction des taux d'application et des données sur le climat, le pédo-paysage, les propriétés physiques et chimiques des pesticides et les pratiques de gestion. L'IRCE-Pest. estime la contamination possible des eaux souterraines en calculant le pourcentage de pesticide appliqué qui s'infiltre dans le sol à une profondeur d'un mètre. En tant que mesure de la contamination possible des eaux de surface, le PRZM estime le nombre de jours de ruissellement pluvial tandis que l'IRCE-Pest. estime la proportion de pesticide appliqué à l'origine qui a été charrié par le ruissellement (à l'état dissous ou adsorbé à des particules de sol érodé) jusqu'en bordure de champ.

Les cinq catégories de risque relatif (tableau 15-1) reconnues par l'indicateur pour les eaux de surface et souterraines se fondent sur deux facteurs : i) la quantité de pesticide transférée par hectare jusqu'en bordure de champ dans le cas de l'eau de ruissellement ou à une profondeur d'un mètre dans le cas de l'eau d'infiltration; ii) la concentration de pesticide dans l'eau de ruissellement en bordure de champ et dans l'eau d'infiltration à une profondeur d'un mètre. Comme on peut appliquer plus d'un pesticide par hectare, la quantité de pesticide dans l'eau correspond à la somme des quantités des différents types de pesticides appliqués. De même, la concentration de pesticide dans l'eau équivaut à la somme des concentrations des différents pesticides appliqués. Les gammes de quantités utilisées pour définir les catégories de risque se fondent sur les données publiées dans les ouvrages scientifiques, tandis que les gammes de concentrations tiennent compte des lignes directrices de l'Union européenne sur la qualité de l'eau pour les mélanges de pesticides dans l'eau potable (0,5 µgL^{-1}; Union européenne 1998). Les données sur l'utilisation des pesticides utilisées pour déterminer le risque pour les eaux souterraines et de surface provenaient de trois sources : i) le Recensement de l'agriculture pour les types de cultures; ii) l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire pour les taux d'application des pesticides; iii) les bases de données disponibles dans le commerce, recueillies à l'échelle provinciale ou nationale (plutôt qu'à l'échelle du polygone des Pédo-paysages du Canada (PPC)), sur les pesticides appliqués à chaque culture et la proportion de chaque culture traitée avec chaque pesticide. On évalue le risque relatif global de contamination de l'eau par les pesticides en attribuant la catégorie de risque la plus élevée (pour les eaux de surface ou les eaux souterraines) au polygone des PPC.

Limites

Les estimations de l'utilisation de pesticides dans chaque polygone des PPC au cours d'une année de recensement donnée se fondent sur le rapport entre les cultures d'un polygone de pédo-paysage au cours de l'année en question et les pesticides appliqués à ces cultures en 2006. Comme les données sur l'utilisation des pesticides n'étaient disponibles que pour l'année 2006 et avaient été recueillies au niveau provincial, les variations des types et des quantités de pesticides appliqués au cours des années de recensement précédentes ne sont pas prises en considération dans l'analyse de l'indicateur pour chacune de ces années. En conséquence, les écarts de l'analyse nationale entre deux années de recensement résultent de la variation de la superficie de chaque culture d'une année à l'autre et non de la variation des types et des quantités de pesticides appliqués. Étant donné que la quantité appliquée et les propriétés physiques et chimiques d'un pesticide ont un impact notable sur la dispersion des pesticides dans l'environnement, l'incertitude entourant l'utilisation des pesticides au cours des années de recensement autres que 2006 limite la fiabilité du calcul des indicateurs, surtout lorsqu'on compare les tendances d'un certain nombre d'années de recensement.

La planification des applications de pesticides en fonction des pressions exercées par les *ennemis des cultures* et des condi-

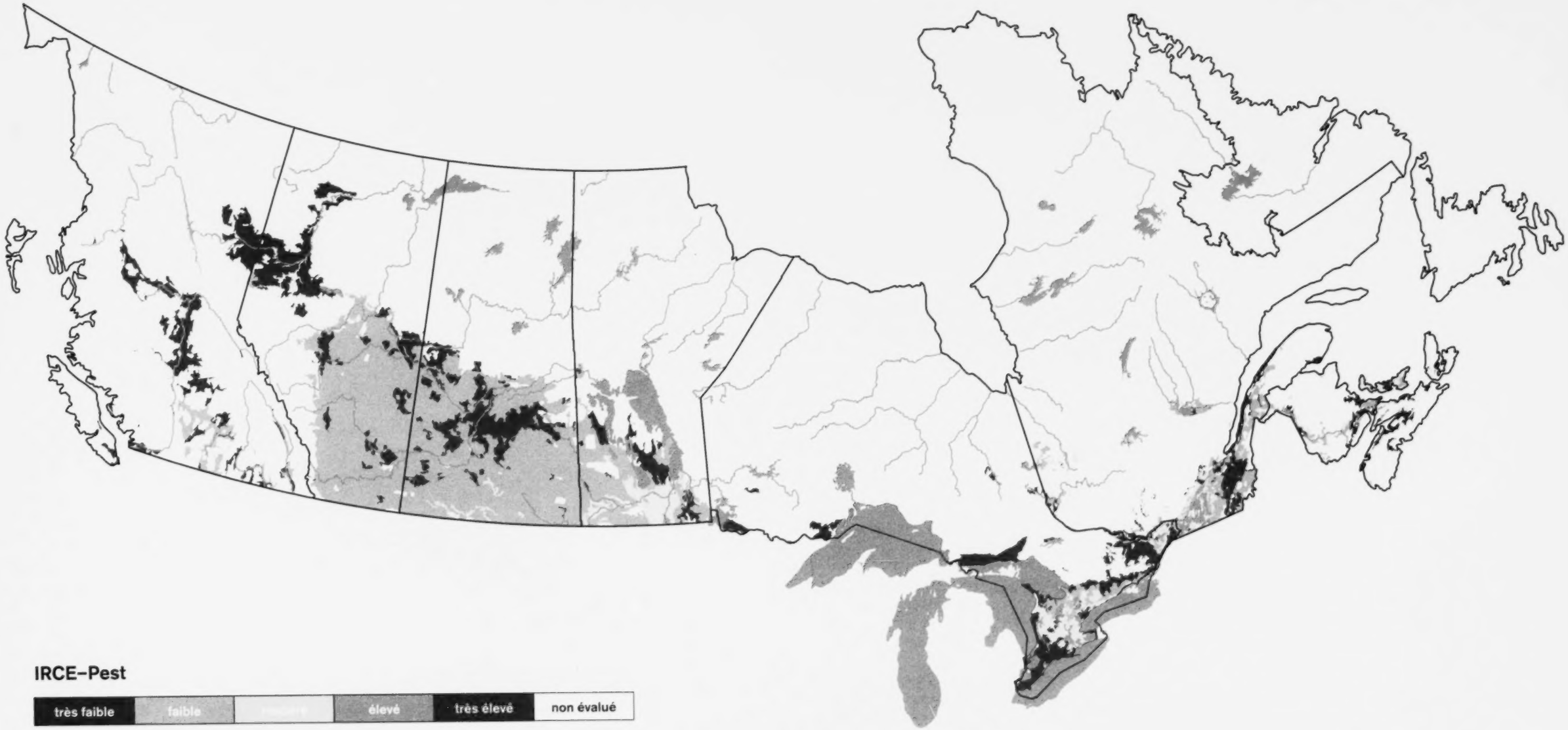


FIGURE 15-2 Risque relatif de contamination de l'eau par les pesticides sur les terres cultivées conformément aux pratiques de gestion de 2006

TABLEAU 15-2 Pourcentage de terres agricoles dans chaque catégorie de risque de contamination de l'eau par les pesticides pour les années de recensement 1981–2006

	Très faible						Faible												Élevé						Très élevé					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	46	49	29	86	31	81	51	47	64	9	59	14	0	1	2	2	2	1	0	0	2	0	1	1	0	1	2	0	5	0
AB	47	23	5	24	14	18	52	76	94	74	85	81	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK	81	7	12	19	10	19	18	80	87	80	83	79	0	11	0	0	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB	73	0	0	5	1	3	26	53	88	74	20	63	0	45	10	19	42	31	0	0	0	0	16	1	0	0	0	0	19	0
ON	68	32	32	49	12	12	18	24	31	19	21	13	13	28	29	17	40	30	0	14	5	13	14	15	0	0	0	0	9	28
QC	99	71	19	52	3	24	0	27	51	28	40	38	0	1	29	19	34	21	0	0	0	0	20	14	0	0	0	0	0	0
PE	82	0	13	0	0	12	14	71	59	50	0	27	3	28	27	49	14	60	0	0	0	0	56	0	0	0	0	0	29	0
NB	25	18	15	35	2	18	60	33	31	61	37	34	14	36	21	2	13	19	0	12	23	0	2	14	0	0	7	0	43	12
NS	81	13	0	40	3	64	18	79	53	58	45	26	0	6	28	1	32	5	0	0	4	0	12	2	0	0	13	0	7	0
NL	70	57	91	100	89	88	10	20	8	0	10	5	5	17	0	0	0	5	9	4	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0
CANADA	**70**	**16**	**11**	**24**	**10**	**18**	**28**	**68**	**83**	**69**	**68**	**68**	**1**	**13**	**5**	**5**	**13**	**8**	**0**	**2**	**1**	**1**	**5**	**2**	**0**	**0**	**0**	**0**	**3**	**3**

TABLEAU 15-3 Pourcentage de terres agricoles dans chaque catégorie de ruissellement pour les années 1981–2006 du Recensement de l'agriculture

	Nombre de jours de ruissellement (moyenne annuelle)																													
	Très faible (0–6,9 jours de ruissellement)						Faible (7,0–13,9 jours de ruissellement)												Élevé (21,0–27,9 jours de ruissellement)						Très élevé (>28 jours de ruissellement)					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	32	64	40	28	41	59	53	23	43	59	41	29	9	8	11	10	11	10	5	4	4	0	1	0	0	0	0	0	4	0
AB	21	38	11	9	28	39	75	60	85	88	68	59	1	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK	42	41	14	20	25	20	30	28	53	49	44	50	26	28	28	28	28	18	0	1	3	2	1	10	0	0	0	0	0	0
MB	2	4	0	0	0	1	37	35	39	41	40	40	54	57	59	26	31	19	5	2	0	31	26	38	0	0	0	0	0	0
ON	6	3	3	2	4	5	23	5	16	6	8	9	18	30	21	29	28	27	14	21	40	20	47	33	36	39	17	41	11	23
QC	0	0	1	1	1	1	30	23	29	21	27	17	39	35	54	39	33	31	29	40	14	36	35	47	0	0	0	0	1	1
PE	0	0	5	4	4	4	48	5	67	88	88	87	45	88	20	0	0	0	6	6	6	7	6	7	0	0	0	0	0	0
NB	5	0	6	5	6	5	5	6	58	36	64	32	79	73	29	50	23	44	8	16	5	3	5	16	2	4	0	3	0	0
NS	9	0	9	10	9	9	17	10	34	29	37	32	58	34	47	50	49	49	15	52	8	5	4	8	0	3	0	3	0	0
NL	1	1	3	0	1	5	4	0	37	4	25	69	80	65	46	90	58	13	7	12	5	0	4	5	5	19	8	5	9	5
CANADA	**27**	**31**	**11**	**12**	**21**	**22**	**43**	**36**	**57**	**55**	**48**	**47**	**24**	**25**	**26**	**21**	**22**	**15**	**4**	**5**	**5**	**9**	**9**	**15**	**2**	**2**	**1**	**2**	**1**	**1**

TABLEAU 15-4 Pourcentage de terres agricoles dans chaque catégorie de quantité de pesticide appliquée, 1981–2006

	Quantité de pesticide appliquée (kilogrammes par hectare)																													
	Très faible (0–0,49 kg ha^{-1})						Faible (0,50–0,99 kg ha^{-1})												Élevé (1,50–1,99 kg ha^{-1})						Très élevé (>2,00 kg ha^{-1})					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	56	80	75	92	63	81	39	14	19	3	30	13	2	2	2	2	1	1	2	2	2	3	1	3	2	2	2	1	5	2
AB	19	5	7	10	9	6	81	95	93	90	89	90	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SK	62	0	0	0	0	0	38	50	98	100	36	59	0	49	2	0	63	41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MB	8	2	3	5	4	5	92	64	94	95	43	71	0	34	3	0	52	24	0	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	1
ON	36	31	27	28	14	17	56	49	43	65	38	45	7	18	29	6	46	36	0	0	1	1	4	3	0	0	1	1	1	1
QC	93	76	58	58	37	41	6	22	37	37	30	30	1	1	4	4	27	25	0	0	1	1	4	3	0	0	0	0	58	45
PE	0	1	0	0	0	0	57	53	47	45	0	0	14	22	9	49	14	26	29	25	44	5	28	29	0	0	0	0	58	45
NB	45	41	33	50	39	39	11	12	20	33	14	17	15	17	15	14	2	3	17	14	18	2	12	15	12	15	14	0	33	25
NS	66	57	50	69	49	47	9	15	16	10	18	28	14	6	4	13	7	9	6	10	4	8	3	11	5	12	26	1	23	5
NL	36	57	59	82	65	58	29	21	32	18	26	30	23	7	5	0	9	5	2	12	4	0	0	6	10	2	0	0	0	0
CANADA	**43**	**9**	**8**	**9**	**7**	**7**	**56**	**62**	**87**	**89**	**50**	**65**	**1**	**29**	**4**	**1**	**41**	**27**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**0**

* Pourcentage des terres agricoles classées pour tout le bassin versant par rapport à la superficie agricole totale de la province

Les agriculteurs Canadiens ont utilisé environ 35,4 millions de kilogrammes de pesticides en 2006. La quantité de pesticide utilisé dans chaque province est généralement proportionnelle à la superficie cultivée correspondante. Près de la moitié (~ 17,4 millions de kg; figure 15-3) de la quantité utilisée à l'échelle nationale a été appliquée en Saskatchewan, qui possède la plus grande superficie cultivée (17,9 millions d'hectares). Viennent ensuite l'Alberta (~ 8,4 millions de kg/10,6 millions d'hectares) et le Manitoba (~ 4,6 millions de kg/5,0 millions d'hectares). En 2006, environ 84 p. 100 de la quantité de pesticides utilisée au Canada a été appliquée dans la région des Prairies. C'est Terre-Neuve qui en a utilisé le moins. À l'exception de l'année 1981 (21,1 millions de kg), la quantité de pesticides épandue sur les terres cultivées au Canada est restée relativement constante entre 1981 et 2006, variant entre 29,7 et 35,4 millions de kg par an.

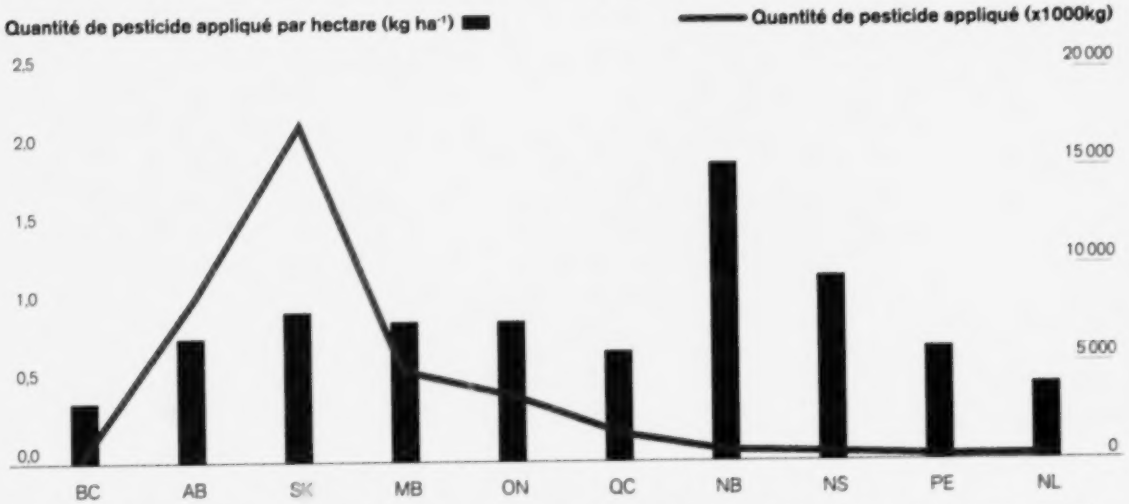


FIGURE 15-3 Quantité de pesticides appliquée et taux moyen d'application de pesticides dans chaque province (2006)

Bien que la quantité de pesticides appliquée puisse excéder 2 kg par hectare, en moyenne, chaque hectare cultivé au Canada en 2006 a reçu environ 0,8 kg de pesticide (figure 15-3). C'est au Nouveau-Brunswick et à l'Île-du-Prince-Édouard que la quantité de pesticides utilisée par hectare cultivé était la plus élevée, ce qui pourrait s'expliquer par l'importante production de pommes de terre dans ces provinces et le fait que cette culture nécessite généralement plus de pesticides que d'autres. La plus faible utilisation par hectare est enregistrée en Colombie-Britannique, où la plus grande partie de la superficie cultivée est consacrée aux cultures fourragères, qui requièrent moins de pesticides.

À l'échelle nationale, les pesticides appliqués aux terres cultivées comprenaient des herbicides (94 p. 100), des fongicides (4 p. 100) et des insecticides (2 p. 100) (figure 15-4). Les herbicides représentent plus de 80 p. 100 des pesticides utilisés en Colombie-Britannique, dans les provinces des Prairies, en Ontario et au Québec. Par contraste, au Nouveau-Brunswick, à l'Île du-Prince-Édouard et en Nouvelle-Écosse, plus de 50 p. 100 des pesticides utilisés sont des fongicides.

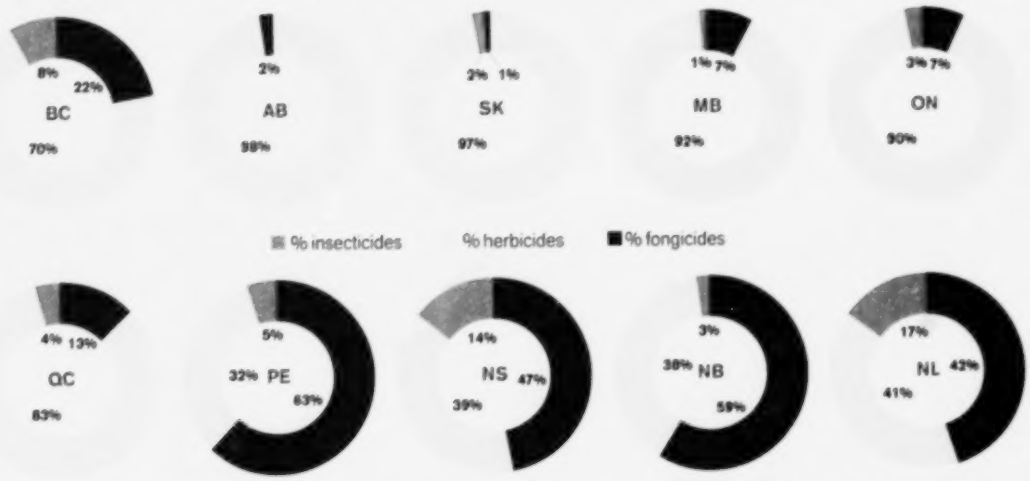


FIGURE 15-4 Pourcentage de pesticides qui étaient des insecticides, des herbicides et des fongicides en 2006

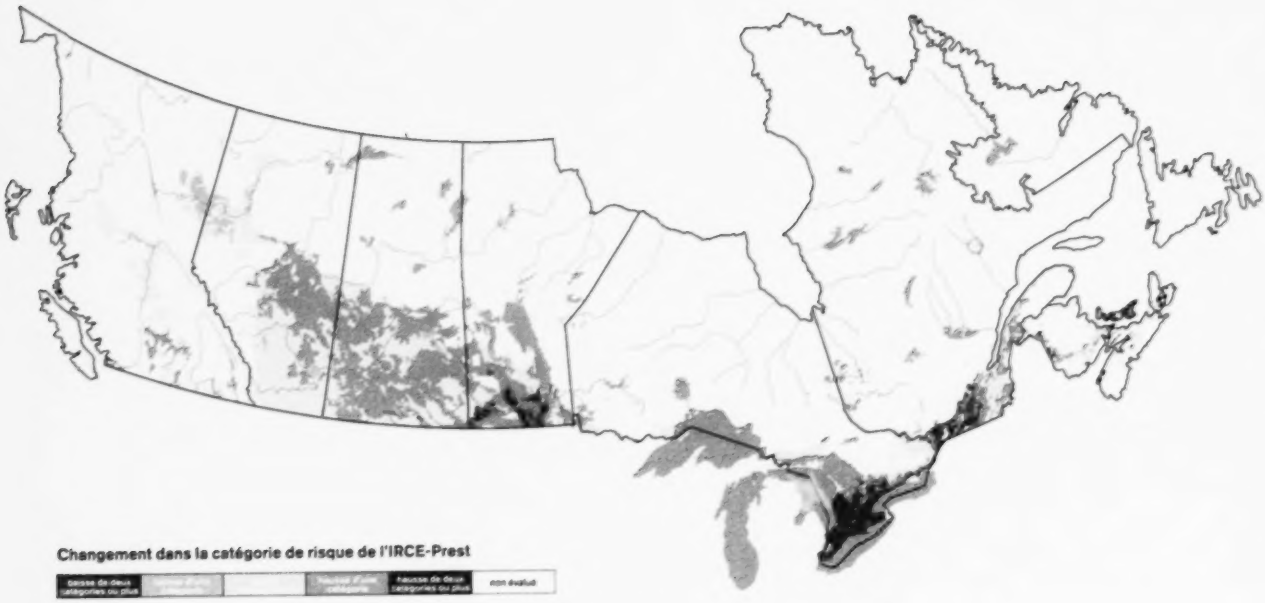


FIGURE 15-5 Changement dans la catégorie de risque IROWC-Pest. entre 1981 et 2006

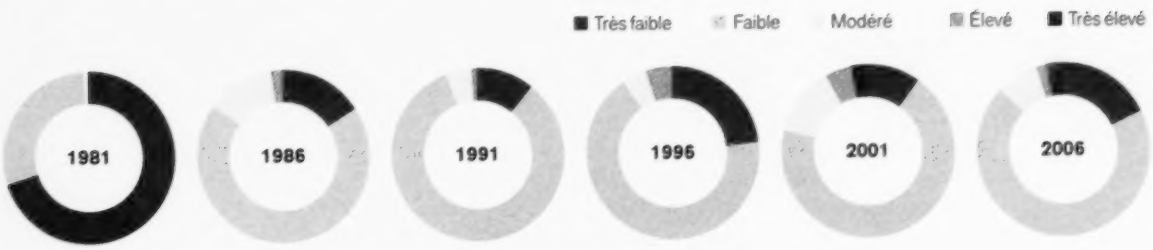


FIGURE 15-6 Proportion de terres agricoles dans chaque catégorie de risque IROWC-Pest. pour chaque année de recensement, 1981-2006.

tions météorologiques est une importante pratique de gestion dont l'IRCE-Pest. ne tient pas compte pour le moment.

Le dépôt atmosphérique des pesticides n'est pas pris en compte dans les calculs utilisant l'IRCE-Pest. Ceci pourrait entraîner une sous-estimation du dépôt total, car le dépôt atmosphérique peut représenter une proportion importante des concentrations de pesticides dans les eaux de surface (Donald et coll., 1999; Waite et coll., 2005).

Résultats et interprétations

Toutes les terres cultivées à l'échelle nationale en 2006 couraient un très faible risque de contamination des eaux souterraines par les pesticides, situation qui n'a pas changé depuis 1981. Par conséquent, l'estimation du risque de contamination des eaux de surface correspond au risque global de contamination de l'eau par les pesticides indiqué au tableau 15-2. En 2006, la plupart des terres cultivées (86 p. 100) couraient un risque faible à très faible de contamination des eaux de surface (figure 15-2). Les terres cultivées affichant un risque modéré de contamination de l'eau (8 p. 100) se trouvaient surtout au Manitoba, en Ontario, au Québec, au Nouveau-Brunswick et à l'Île-du-Prince-Édouard. Moins de 3 p. 100 des terres cultivées présentaient un risque élevé à très élevé de contamination de l'eau par les pesticides. Comme il fallait s'y attendre, ce risque de contamination était en grande partie lié au nombre de jours de ruissellement des terres cultivées (tableau 15-3).

Le risque relatif de contamination de l'eau par les pesticides a changé au cours de la période de 25 ans allant de 1981 à 2006. Les changements les moins marqués ont été enregistrés en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et à Terre-Neuve, où les catégories de risque sont restées les mêmes ou

ont augmenté ou diminué d'un cran (figure 15-5). Des superficies substantielles de terres agricoles au Manitoba, en Ontario, au Québec et à l'Île-du-Prince-Édouard de même que des superficies plus petites au Nouveau-Brunswick et en Nouvelle-Écosse ont augmenté de deux catégories de risque ou plus.

Environ 70 p. 100 des terres cultivées au Canada affichaient un très faible risque de contamination de l'eau par les pesticides en 1981, année durant laquelle seulement 21,1 millions de kg de pesticides ont été appliqués (figure 15-6). L'utilisation des pesticides a été plus grande entre 1986 et 2006, de sorte que la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible a baissé à 16 p. 100 en 1986 et est restée assez stable jusqu'en 2006. La plupart de ces terres ont été reclassées dans la catégorie de risque faible, dont la proportion correspondante de terres cultivées est passée de 28 p. 100 en 1981 à environ 68 p. 100 durant la période 1986-2006, sauf en 1991 (83 p. 100). La plupart des terres cultivées classées dans les catégories de risque faible ou très faible se trouvent en Colombie-Britannique, en Alberta, en Saskatchewan et à Terre-Neuve (figure 15-2).

La proportion de terres cultivées posant un risque modéré de contamination de l'eau par les pesticides a généralement augmenté de 1981 à 2006 (tableau 15-2; figure 15-6). Une grande partie de ces terres se trouvaient au Manitoba, en Ontario, au Québec et à l'Île-du-Prince-Édouard (figure 15-2). En même temps, il y a eu une augmentation du pourcentage de terres cultivées dans les catégories de risque élevé et très élevé de contamination par les pesticides (tableau 15-2). Cette hausse du risque est attribuable à l'utilisation accrue de pesticides à la suite de variations des types de culture, des superficies et des systèmes de production (par exemple, l'accroissement de la superficie d'oléagineux et de *cultures en rangs* et l'adoption de systèmes de travail réduit du sol), conjuguées à des conditions climatiques qui ont augmenté la fréquence du ruissellement.

Mesures d'intervention possibles

Un taux plus élevé d'adoption des pratiques de gestion qui réduisent l'utilisation des pesticides aidera à réduire le risque de contamination de l'eau par les pesticides. Ces pratiques de gestion comprennent la sélection de cultures moins vulnérables aux organismes nuisibles, l'amélioration des technologies d'application, le choix de types appropriés de pesticides, la prise en compte des seuils de nocivité des ennemis des cultures dans l'application des pesticides et la mise en œuvre de la lutte antiparasitaire intégrée (une combinaison de stratégies culturales, biologiques et chimiques).

D'autres pratiques de gestion qui aident à réduire le risque de contamination de l'eau par les pesticides sont celles qui réduisent le mouvement des pesticides, comme l'épandage dans les conditions environnementales recommandées et l'utilisation de pratiques de gestion qui font augmenter le contenu en carbone organique du sol et qui réduisent la quantité de ruissellement et de lixiviat.

Les recherches réalisées pour développer des pratiques de gestion nouvelles ou améliorées ainsi que des pesticides ayant un taux d'application plus faible et une demi-vie plus courte dans le sol peuvent aider à réduire le risque de contamination de l'eau par les pesticides.

Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada. (2005). *Système d'information sur les sols du Canada*. Consulté le 26 mars 2009 sur http://sis.agr.gc.ca/siscan/intro.html

Carsel, R.F., Imhoff, J.C., Hummel, P.R., Cheplick, J.M. et Donigan, A.S.J. (1998). PRZM-3. A model for predicting pesticide and nitrogen fate in the crop root and unsaturated soil zones: User manual for release 3.0, National Exposure Research Laboratory, Office of Research and development, U.S. Environmental Protection Agency, Athens, Géorgie, États-Unis. [En ligne] Accessible à http://www.epa.gov/athens/publications/reports/Suarez600R05111PRZM3.pdf (en anglais selement)

Cessna, A.H., Wolf, T.M., Stephenson, G.R., et Brown, R.B. (2005). Pesticide movement to field margins: Routes, impacts and mitigation. Dans A.G. Thomas (éd.), *Field boundary habitats: Implications for weed, insect and disease management*. (pp. 69-112). Canadian Weed Society- Société canadienne de malherbolgie : Sainte-Anne-de-Bellevue (Québec), Canada.

Donald, D.B., Syrgiannis, J., Hunter, F., et Weiss, G. (1999). Agricultural pesticides threaten the ecological integrity of northern prairie wetlands. *Science of the Total Environment, 231* 173-181.

Farenhorst, A., Papiernik, S.K., Saiyed, I., Messing, P., Stephens, K.D., Schumacher, J.A., et *coll.* (2008). Herbicide Sorption Coefficients in relations to soil property and terrain attributes on a cultivated prairie. *Journal of Environmental Quality. 37* 1201-1208.

FOOTPRINT Consortium. (2009). Consulté le 26 mars 2009 sur http://www.eu-footprint.org/fr/index.html

Gaultier, J., Farenhorst, A., Cathcart, J. et Goddard, T. (2008). Degradation of [carboxyl-14C] 2,4-D and [ring-U-14C] 2,4-D in soil. *Soil Biology and Biochemistry, 40* 217-227.

Union européenne, 1998. Directive du conseil 98/83/EC sur la qualité de l'eau attendue pour la consommation humaine. Consulté le 25 mars 2009 sur http://www.lenntech.fr/applications/potable/normes/normes-ue-eau-potable.htm

Waite, D.T., Bailey, P., Sproull, J.F., Quiring, D.V., Chau, D.F., Bailey, J. *et coll.* (2005). Atmospheric concentrations and dry and wet deposits of some herbicides currently used on the Canadian prairies. *Chemosphere, 58* 693-703.

Wauchope, R.D. (1978). Pesticide content of surface water draining from agricultural fields: A review. *Journal of Environmental Quality 7* 459-472.

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

16 Gaz à effet de serre d'origine agricole
17 Ammoniac
18 Particules

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

Sommaire

L'émission atmosphérique de gaz à effet de serre (GES), d'ammoniac (NH_3), de particules en suspension (PM) et d'odeurs résultant des activités agricoles peut causer des changements climatiques et affecter la qualité de l'air.

Les gaz à effet de serre jouent un rôle essentiel dans l'atmosphère, retenant l'énergie de rayonnement et maintenant la Terre à une température capable de soutenir la vie. En conséquence des émissions résultant de l'agriculture et d'autres activités humaines, les concentrations de GES dans l'atmosphère du globe n'ont jamais été aussi élevées au cours des 650 000 dernières années et elles risquent d'entraîner des changements climatiques imprévisibles (GIEC, 2007). Les principaux GES émis par les activités agricoles sont l'oxyde nitreux (N_2O) et le *méthane* (CH_4), tandis que le dioxyde de carbone (CO_2) peut être soit émis soit absorbé.

L'ammoniac est un gaz incolore naturellement excrété par les animaux, les poissons et les microbes qui, en concentrations excessives, peut nuire à la faune et la flore, générer des particules secondaires contribuant au *smog* en réaction avec d'autres polluants et provoquer l'eutrophisation des écosystèmes aquatiques sensibles, tout en ayant un effet fertilisant bénéfique sur les cultures agricoles.

Les particules en suspension réduisent la visibilité, contribuent à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique ainsi qu'à la formation des pluies acides et du smog, et elles peuvent influencer le climat en modifiant le bilan énergétique de surface. L'inhalation de particules, particulièrement les particules fines, est associée à des effets néfastes sur la santé et pourrait même causer la mort. Les particules émises par l'agriculture comprennent la poussière provenant du sol et de matières végétales ou animales, les bactéries et les gouttelettes ou particules de produits agrochimiques.

Les odeurs nauséabondes peuvent nuire à la qualité de vie, causer des problèmes sociaux avec les autres utilisateurs des terres et provoquer de véritables symptômes physiques. Quoique déclenchés à des concentrations souvent bien inférieures à celles susceptibles de causer des réactions toxiques, ces symptômes ne peuvent pas être dissociés du concept de la santé humaine. Des odeurs sont émises par toutes les activités agricoles, particulièrement celles liées à l'élevage du bétail.

Pour aider à quantifier et évaluer ces émissions et à cerner les tendances par rapport à l'évolution des pratiques de gestion agricole au fil du temps, on a entrepris de développer quatre indicateurs agroenvironnementaux :

1. L'Indicateur des émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole (chapitre 16) mesure les émissions nettes à la ferme d'oxyde nitreux (N_2O), de méthane (CH_4) et de dioxyde de carbone (CO_2).
2. L'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole (chapitre 17) mesure les émissions de NH_3 d'origine agricole.
3. L'Indicateur des émissions de particules par l'agriculture (chapitre 18) mesure la contribution des activités agricoles à la formation des particules primaires en suspension dans l'air.
4. L'Indicateur des émissions d'odeurs d'origine agricole (encadré, chapitre 17), en voie de préparation, mesure le rendement en fonction du degré d'adoption, par les agriculteurs canadiens, de méthodes d'atténuation des odeurs.

Ces indicateurs donnent des résultats mitigés quant à l'effet de l'agriculture sur la qualité de l'air.

- Les émissions nettes de GES ont baissé de 1 p. 100 par rapport aux niveaux de 1981, ce qui est attribuable à l'adoption à grande échelle de pratiques de gestion bénéfiques telles que le travail de conservation du sol et la culture sans travail du sol ainsi qu'à la diminution de la superficie en jachère. Le sol est devenu un puits net de carbone atmosphérique (d'un état de source de 1,0 Mt CO_2 en 1981 à un puit d'environ 11,7 Mt CO_2 en 2006. Le carbone séquestré (stocké dans le sol) a compensé la hausse des émissions de CH_4 et N_2O (de 21,7 à 27,9 Mt CO_2e et de 22,6 à 28,7 Mt CO_2e, respectivement entre 1981 et 2006) découlant de l'augmentation des têtes de bétail et d'une utilisation accrue du fumier et autres engrais.
- Des estimations des émissions d'ammoniac d'origine agricole ne sont disponibles que pour 2001 et 2006. Durant cette période, les émissions ont augmenté d'environ 2 p. 100, surtout parce que le nombre de têtes de bétail a augmenté.
- Les émissions de particules accusent une tendance à la baisse depuis 1981 : 48 p. 100 pour l'ensemble des particules en suspension, 40 p. 100 pour les PM_{10} et 47 p. 100 pour les $PM_{2,5}$. Comme dans le cas des GES, la baisse des émissions de particules en suspension est attribuable à l'adoption à grande échelle de pratiques de gestion bénéfiques telles que le travail de conservation du sol et la culture sans travail du sol ainsi qu'à la diminution de la superficie en jachère.

16 Gaz à effet de serre d'origine agricole

AUTEURS
R.L. Desjardins, D.E.,Worth, X.P.C. Vergé, B.G. McConkey, J.A. Dyer, et D. Cerkowniak

NOM DE L'INDICATEUR
Bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole

PORTÉE
Échelle nationale, 1981 à 2001

Sommaire

Les émissions de gaz à effet de serre (GES) résultant des activités humaines ont entraîné des concentrations dans l'atmosphère du globe qui n'ont jamais été aussi élevées au cours des 650 000 dernières années et qui sont susceptibles d'entraîner des changements climatiques imprévisibles (GIEC, 2007). L'agriculture peut être à la fois une source et un puits de gaz à effet de serre. Les principaux GES émis par l'agriculture sont l'oxyde nitreux (N_2O) et le méthane (CH_4), tandis que le dioxyde de carbone (CO_2) peut être émis ou absorbé. En 2006, les émissions nettes (sources moins puits) de GES d'origine agricole excluant l'utilisation de combustibles fossiles s'élevaient à 45,9 millions de tonnes d'équivalents CO_2 (Mt CO_2e),[1] ce qui correspond à environ 6 p. 100 des émissions de GES totales du Canada. Les émissions nettes d'origine agricole ont diminué d'environ 2 p. 100 par rapport aux niveaux de 1981.

Entre 1981 et 2006, les émissions de CH_4 sont passées de 21,7 Mt CO_2e à 27,9 Mt CO_2e (+29 p. 100) et celles de N_2O, de 22,6 Mt CO_2e à 28,7 Mt CO_2e (+27 p. 100). Les émissions de méthane, quant à elles, sont à la hausse par suite d'une augmentation de la population animale, particulièrement dans le secteur des bovins à viande. Les émissions de N_2O ont aussi augmenté en raison de l'accroissement des populations animales et d'une plus grande utilisation des engrais azotés (N) synthétiques. Durant cette période, cependant, les sols agricoles sont passés de l'état de source, c'est-à-dire qu'ils émettaient 2,5 Mt CO_2 en 1981, à celui de puits, c'est-à-dire qu'ils absorbaient ou séquestraient environ 10,7 Mt CO_2 en 2006. Le changement lié aux émissions de CO_2 du sol est principalement attribuable à l'adoption généralisée de pratiques de gestion bénéfiques en agriculture, qui a entraîné un accroissement substantiel de la séquestration de carbone, particulièrement dans les provinces des Prairies.

L'adoption de pratiques de gestion améliorées a aussi abouti à une baisse notable de l'intensité des émissions de GES, ou des émissions par unité de produit. Ainsi, bien que les émissions de N_2O et CH_4 d'origine agricole aient augmenté, les émissions de GES par unité de production ont diminué dans la plupart des cas.

1. 1 Mt CO_2e = 1 million de tonnes d'*équivalents de dioxyde de carbone*

L'enjeu

Les gaz à effet de serre (GES) jouent un rôle essentiel dans l'atmosphère, retenant l'énergie de rayonnement et maintenant la Terre à une température capable de soutenir la vie. Quoique les GES soient nécessaires dans l'atmosphère, l'ajout anthropique (découlant des activités humaines) continu de ces gaz est indésirable, car ceux-ci risquent d'entraîner d'importants changements climatiques. En conséquence des émissions anthropiques de CO_2, CH_4 et N_2O, les concentrations de ces gaz dans l'atmosphère du globe n'ont jamais été aussi élevées au cours des 650 000 dernières années (GIEC, 2007). Des traités internationaux ont été rédigés pour limiter ces émissions, le but étant de prévenir une modification dangereuse du système climatique mondial.

Les activités agricoles émettent inévitablement des GES (Janzen et coll., 2008). La figure 16-1 illustre les multiples sources agricoles d'émissions. Les émissions d'oxyde nitreux peuvent provenir directement des engrais organiques et inorganiques épandus au champ, de la décomposition des résidus de culture, de la culture des sols organiques et de l'entreposage du fumier. Les émissions indirectes de N_2O peuvent découler du déplacement hors site de l'azote, par exemple après volatilisation et redépôt de l'ammoniac ou après lixiviation et ruissellement de l'azote. Au Canada, les émissions de méthane d'origine agricole résultent surtout de la *fermentation* entérique chez les ruminants et de la décomposition anaérobie du fumier entreposé. Lorsque la matière organique des aliments pour bétail ou du fumier se décompose dans des conditions anaérobies, une partie de cette matière est libérée sous forme de CH_4. Les sols agricoles peuvent soit émettre soit absorber le CO_2 (Desjardins et coll., 2008). La différence dépend de l'effet net de l'absorption du CO_2 atmosphérique par les cultures, de son stockage subséquent dans le sol sous forme de résidus de culture et de matière organique du sol, et de l'émission de CO_2 dans l'atmosphère par suite de la décomposition des résidus de culture et de la matière organique du sol. Les pratiques de gestion qui capturent généralement le carbone dans les sols comprennent la réduction de l'intensité des labours, la réduction de la fréquence de jachère et la conversion des cultures annuelles en cultures vivaces. Pour une explication plus détaillée de l'échange de carbone entre le sol et l'atmosphère, voir le chapitre 9 du rapport.

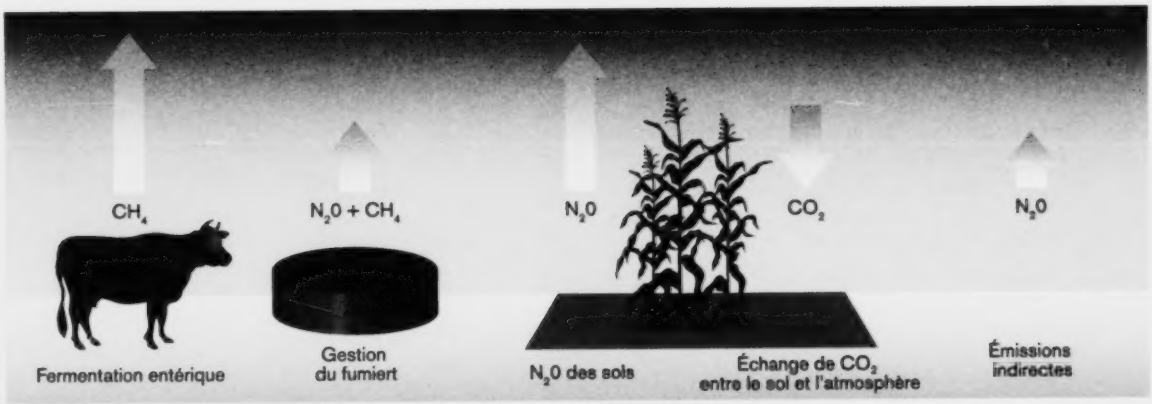


FIGURE 16-1 Sources et puits nets de GES d'origine agricole au Canada à l'exclusion des émissions issues de la consommation de combustibles fossiles et de l'utilisation d'énergie. La taille des flèches indique l'importance relative de la source ou du puits.

Le dioxyde de carbone est émis par la combustion d'énergie fossile dans les machines agricoles et lors de la fabrication des engrais et des machines employés en agriculture. Ces émissions indirectes de CO_2 sont généralement déclarées par les secteurs des transports et de la fabrication et ne sont donc pas incluses dans les calculs de l'Indicateur du bilan des GES d'origine agricole. (Les émissions de GES résultant de l'utilisation d'énergie et de la consommation de combustibles fossiles sont illustrées dans l'encadré sur l'agriculture, ci-après.)

La plupart des indicateurs visent à montrer l'amélioration de la performance environnementale au fil du temps, par exemple par une réduction nette des émissions de GES. Cependant, étant donné l'accroissement de la demande nationale et internationale de produits agricoles due à l'augmentation de la population mondiale, il importe de présenter non seulement les émissions de GES mais aussi leur intensité (émissions de GES par unité de production). Les tendances en intensité des émissions reflètent les progrès réalisés dans l'amélioration de l'efficience de la production agricole. (Voir l'intensité des émissions de GES)

En 2006, les émissions totales de GES au Canada se chiffraient à 721 Mt CO_2e (Environnement Canada, 2008). Environ 81 p. 100 de ces émissions étaient attribuables au secteur de l'énergie, qui consomme des combustibles fossiles pour produire de l'électricité et de la chaleur, ainsi que de l'essence et du diesel pour faire fonctionner les véhicules automobiles (figure 16-2). L'agriculture était responsable d'une tranche additionnelle de 8 p. 100 des émissions de GES à l'échelle nationale, dont environ 3 p. 100 étaient associées à l'utilisation d'énergie en agriculture.

Les émissions de GES d'origine agricole reflètent souvent une certaine inefficience et donc une perte potentielle de revenu pour le producteur. Par exemple, le CH_4 émis par les ruminants représente l'énergie alimentaire non convertie en viande, lait ou fibre, et l'azote présent dans les engrais qui s'échappe dans l'atmosphère sous forme de N_2O ne peut plus être utilisée pour la croissance des cultures. Bien que certaines émissions de GES d'origine agricole soient inévitables, les émissions importantes

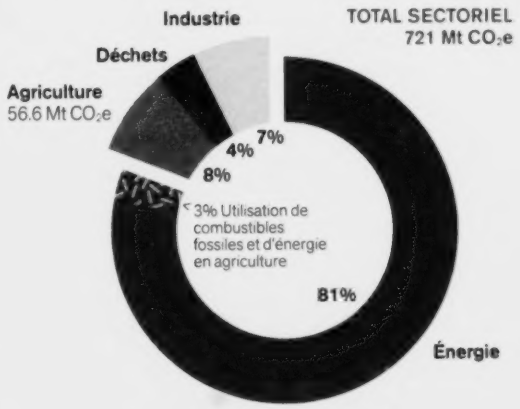


FIGURE 16-2 Ventilation des émissions de GES du Canada en 2006 (Environnement Canada, 2008)

dénotent généralement des pratiques inefficaces. Par l'amélioration de ses pratiques de gestion et le stockage du carbone dans les sols agricoles, le secteur agricole peut réduire ses émissions de GES et atténuer la hausse des concentrations de CO_2 dans l'atmosphère. Il se trouve ainsi à appuyer l'engagement du Canada à réduire ses émissions, à accroître le rendement pour les producteurs et à bénéficier à l'environnement.

L'indicateur

L'Indicateur du bilan des gaz à effet de serre d'origine agricole fournit une estimation des émissions nettes de N_2O, CH_4 et CO_2 provenant des agroécosystèmes du Canada. On a utilisé la méthodologie du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), adapté aux conditions canadiennes (Vergé et coll., 2006; Rochette et coll., 2008) pour calculer les émissions de N_2O et CH_4, et des modèles pour estimer l'échange net de CO_2 des terres cultivées (Smith et coll., 2000). La méthodologie du GIEC comporte trois étapes de base : 1) la collecte de l'information sur les activités agricoles produisant des GES; 2) l'estimation des coefficients d'émission associés

aux conditions environnementales ou du sol et aux activités agricoles; 3) le calcul des émissions de GES (multiplication des coefficients d'émission par la quantité d'activités, la population ou la superficie pertinente). Ces trois étapes ont été abordées séparément pour le CH_4, le N_2O et le CO_2.

Le *Potentiel de réchauffement global (PRG)* de chaque gaz a été utilisé pour pouvoir comparer et combiner dans une même valeur l'effet de différents gaz. Le PRCM est la contribution de chaque gaz à l'effet de serre selon sa capacité d'absorber le rayonnement et son temps de séjour dans l'atmosphère. Dans ce rapport, on utilise les PRG généralement reconnus dans les rapports internationaux, soit 1 pour le CO_2, 21 pour le CH_4 et 310 pour le N_2O (GIEC, 1996), c'est-à-dire que, sur une base massique, le N_2O et le CH_4 sont, respectivement, 310 et 21 fois plus puissants que le CO_2. Les émissions combinées de CO_2,

Émissions de GES découlant de l'utilisation d'énergie et de la consommation de combustibles fossiles en agriculture

Les émissions de GES d'origine agricole associées à l'utilisation d'énergie et de combustibles fossiles peuvent se classer en six catégories : activités au champ, transport agricole, chauffage, électricité, machinerie et produits agrochimiques. Les émissions de dioxyde de carbone dans ces catégories liées à l'utilisation d'énergie sont présentées à la figure 16-3. La réduction des émissions de CO_2 découlant des activités au champ, qui sont passées de 5,8 Mt CO_2 en 1981 à 4,9 Mt CO_2 en 2006 (-16 p. 100), est principalement attribuable à l'adoption accrue, par les agriculteurs canadiens, de pratiques de travail réduit du sol et de culture sans travail du sol ainsi qu'au développement de machines plus efficaces (Dyer et Desjardins, 2003). Les émissions associées au chauffage ont été portées de 1,6 Mt CO_2 à 1,9 Mt CO_2 (+19 p. 100). Cette hausse est principalement due au fait que l'utilisation d'énergie par l'industrie des cultures de serre a doublé entre 1991 et 2001. Les émissions associées à la machinerie agricole ont diminué de 17 p. 100, passant de 4,1 Mt CO_2 à 3,4 Mt CO_2, surtout en raison de la réduction des achats de gros matériels (Dyer et Desjardins, 2006).

L'approvisionnement en produits agrochimiques, surtout pour la production d'engrais azotés, est la plus grande source d'émissions de CO_2 issues de la consommation de combustibles fossiles. Les engrais azotés se synthétisent à une pression et une température élevées et ils consomment une grande quantité de gaz naturel durant ce processus. Comme la consommation d'engrais azotés a augmenté de 64 p. 100 entre 1981 et 2006, les émissions de CO_2 associées à la production de ces engrais ont suivi la même tendance, passant de 3,8 Mt CO_2 à 6,2 Mt CO_2.

Au niveau national, contrairement aux émissions de GES produites par d'autres sources agricoles, les émissions de CO_2 associées aux combustibles fossiles sont restées relativement constantes au cours des 25 dernières années. Elles ont été estimées à 18,5, 20,0, 19,3, 20,7, 20, 7 et 20,0 Mt CO_2e pour les années de recensement allant de 1981 à 2006, ce qui représente une augmentation de 8 p. 100 entre 1981 et 2006. On trouvera plus de détails sur le calcul de ces émissions dans Dyer et Desjardins (2007; 2009).

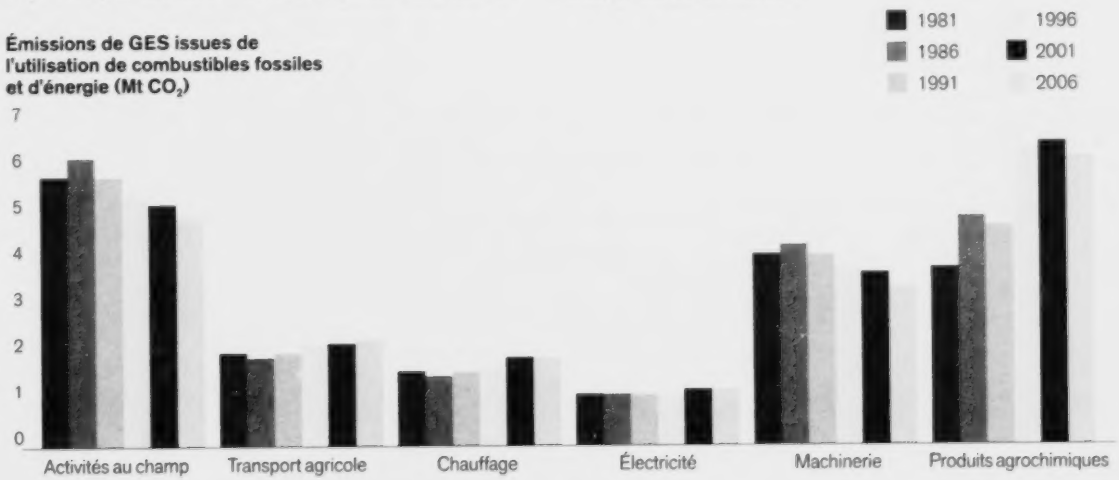


FIGURE 16-3 Émissions de dioxyde de carbone provenant des principales activités associées à l'énergie et aux combustibles fossiles en agriculture au Canada, 1981–2006.

CH_4 et N_2O sont déclarées en millions de tonnes d'équivalents CO_2 ou Mt CO_2e (tableau 16-1).

Limites

Les activités agricoles au Canada sont très diversifiées et s'étendent sur plus de 60 millions d'hectares. Pour estimer les émissions de GES d'origine agricole aux niveaux national et provincial, on émet des hypothèses afin de simplifier le paysage agricole complexe. Il faut supposer, par exemple, que les bovins à viande d'une province donnée ont tous le même poids moyen à une certaine étape de leur croissance et que les coefficients d'émission déterminés par expérimentation peuvent s'appliquer à une superficie beaucoup plus grande. Ces hypothèses, quoique nécessaires, introduisent une certaine incertitude dans l'estimation des émissions de GES. Une autre source d'incertitude est le fait que plusieurs des coefficients d'émission sont calculés à partir d'études internationales plutôt que canadiennes. Ceci vaut particulièrement pour les émissions indirectes de N_2O.

Dans le présent rapport, nous n'avons pas pris en compte les émissions de CO_2 résultant de la conversion des terres. On a récemment calculé que la conversion de terres forestières en terres cultivées produisait environ 10 Mt CO_2 mais, comme elle n'affecte qu'une superficie égale à 1 p. 100 des terres cultivées au Canada et que cette estimation est fortement teintée d'incertitude, nous n'en avons pas tenu compte dans le rapport.

Résultats et interprétation

Entre 1981 et 2006, les émissions nationales nettes de GES d'origine agricole au Canada ont diminué de 1 pour 100,

Intensité des émissions de GES

L'intensité des émissions de GES mesure les émissions de N_2O, CH_4 et CO_2 par unité de production. À l'heure actuelle, seules les émissions associées à la production à la ferme sont incluses dans le calcul de ces valeurs estimatives. La séquestration du carbone dans le sol n'est pas prise en compte pour le moment.

Les agriculteurs canadiens ont apporté d'importantes améliorations à leurs pratiques, notamment en bonifiant la gestion des éléments nutritifs, en réduisant la consommation d'énergie, en faisant une meilleure utilisation des différentes espèces animales et en rationalisant la production. Ainsi, bien que les émissions de N_2O et CH_4 aient augmenté à l'échelle nationale, les émissions de GES par unité de production ont diminué.

Dans l'industrie laitière, par exemple, une augmentation de la quantité de lait produite par vache a permis aux agriculteurs de réduire leurs troupeaux sans pour autant réduire la production totale de lait. La production annuelle moyenne, qui était d'environ 6 200 kg par vache en 1981 (AAC, 1981), a monté à 9 500 kg en 2006 (AAC, 2007). Ces animaux plus productifs génèrent aussi plus d'émissions de GES par tête, mais cette augmentation est inférieure à la hausse de productivité. Les émissions de GES par kg de lait produit ont donc baissé de 20 p. 100 (figure 16-4), passant de 1,23 kg CO_2e en 1981 à 0,98 kg CO_2e en 2006 (Dyer et coll., 2008).

Le secteur des bovins à viande affiche lui aussi une très forte réduction de l'intensité des émissions de GES. En 1981, les émissions de GES par kg de poids vif s'élevaient à 16,4 kg CO_2e (figure 16-4). En 2006, ce chiffre avait diminué de 36 p. 100 pour se fixer à 10,5 kg CO_2e (Vergé et coll., 2008). L'industrie porcine canadienne a vu des réductions semblables de l'intensité des émissions de GES entre 1981 et 2006. On estime qu'en 1981, 3 kg CO_2e étaient émis pour chaque kg de poids vif (figure 16-4). En 2006, cette valeur s'élevait à 1,9 kg CO_2e par kg (Vergé et coll., 2009), ce qui représente une baisse de 37 p. 100. Cette réduction de l'intensité des émissions de GES était surtout attribuable à l'amélioration des pratiques d'alimentation et d'élevage.

Les résultats préliminaires donnent à penser qu'une tendance semblable se dessine dans l'industrie avicole; les résultats définitifs ne sont toutefois pas disponibles pour le moment.

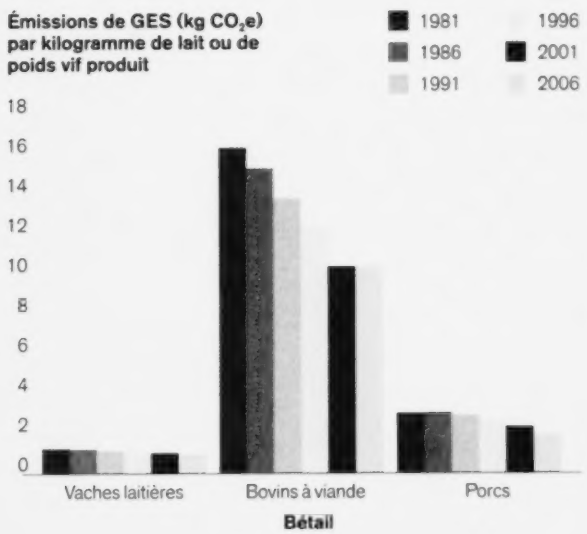


FIGURE 16-4 Intensité des émissions de gaz à effet de serre pour la production de lait, de bœuf et de porc au Canada, 1981–2006.

passant de 45,3 Mt CO_2 à 44,8 Mt CO_2 (voir le tableau 16-1). Cette réduction des émissions s'est produite malgré une hausse de 29 p. 100 des émissions de CH_4 (de 21,7 Mt CO_2e à 27,9 Mt CO_2e) et une augmentation de 27 p. 100 des émissions de N_2O (de 22,6 Mt CO_2e à 28,7 Mt CO_2e). La raison de la baisse des émissions nettes de GES est que la hausse des émissions de CH_4 et N_2O a été plus que compensée par le fait que les terres agricoles, qui avaient émis 1,0 Mt CO_2 en 1981, ont absorbé 11,7 Mt CO_2 en 2006, pour une réduction totale de 12,8 Mt CO_2.

La figure 16-5 montre les émissions nettes de GES exprimées par hectare, tandis que la figure 16-6 indique l'évolution des émissions nettes de GES entre 1981 et 2006 dans tout le Canada. Dans l'Ouest, les émissions sont généralement faibles, moins de 1 000 kg CO_2e par hectare (< 1 000 kg CO_2e ha^{-1}), exception faite des sites d'élevage intensif. Les émissions nettes de GES ont généralement baissé entre 1981 et 2006, particulièrement en Saskatchewan, en raison de la séquestration du carbone dans le sol. La faiblesse des émissions dans de nombreuses régions de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba reflète le taux élevé d'adoption de pratiques de gestion qui favorisent la séquestration du carbone, la croissance de cultures telles que le blé, qui exigent moins d'engrais azotés, et le climat plus sec, qui se traduit par des émissions réduites de N_2O. Par contraste, les émissions de GES sont souvent plus élevées (>2 000 kg CO_2e ha^{-1}) dans l'Est, ce qui reflète un élevage intensif, la production de cultures à rendement élevé telles que le maïs qui demandent un niveau élevé d'éléments nutritifs, et un climat plus humide, qui se traduit par des émissions accrues de N_2O. Entre 1981 et 2006, les émissions nettes ont généralement augmenté au Québec, dans les provinces de l'Atlantique et dans certaines parties du Sud-Ouest de l'Ontario.

Les pratiques de gestion telles que le recours plus faible aux jachères, l'utilisation accrue des méthodes de travail de conservation du sol et la conversion des cultures annuelles en cultures vivaces peuvent aider à réduire les émissions de CO_2 en retenant le carbone dans les sols agricoles sous forme de résidus de culture et de matière organique du sol. En conséquence de ces pratiques de gestion bénéfiques (PGB), très répandues au Canada (figure 16-7) et particulièrement dans les provinces des Prairies, les sols agricoles sont passés de l'état de source de GES en 1981 à celui de puits en 2006. La séquestration de carbone dans le sol n'est toutefois pas uniforme à travers le pays. Dans l'Est, les émissions de CO_2 du sol ont augmenté, en grande partie par suite de la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles comme le maïs et le soja, qui ont tendance à libérer le carbone stocké dans le sol.

La réduction des émissions nettes de GES entre 1981 et 2006 est survenue au cours des dix premières années. Durant cette période, l'augmentation du carbone stocké dans le sol, conjuguée à une petite diminution des populations de bovins à viande et de bovins laitiers et à une hausse modérée de la consommation d'engrais azotés, a entraîné une diminution des émissions nettes de GES. Entre 1991 et 2006, cependant, les émissions nettes ont connu une légère hausse par suite de l'accroissement des populations animales (figure 16-8) et d'une plus grande utilisation des engrais azotés (figure 16-9). Les émissions nettes de GES ont atteint leur plus haut niveau en 1996, lorsqu'une utilisation presque sans précédent des engrais azotés et une augmentation importante de la population de bovins à viande ont entraîné une hausse des émissions de CH_4 et N_2O, qui dépassait la réduction des émissions dues à la séquestration du carbone.

L'augmentation des émissions de CH_4 est attribuable à l'accroissement de la plupart des populations animales au Canada entre 1981 et 2006 (figure 16-8). La hausse de 36 p. 100 du nombre de bovins à viande est particulièrement significative en raison du niveau relativement élevé d'émissions générées par la fermentation entérique. La population porcine a augmenté de 45 p. 100, ce qui a fait monter les émissions de CH_4 découlant de l'épandage du fumier. La population avicole (poules, poulets, dindes et dindons) s'est accrue de 33 p. 100, mais cela affecte moins les émissions de GES, car la volaille n'émet pas une grande quantité de CH_4 comparativement aux bovins et aux porcs. La hausse des émissions de CH_4 est partiellement compensée par une baisse de 41 p. 100 de la population de vaches laitières. L'augmentation de la productivité des vaches laitières sur cette période signifie que les agriculteurs ont réussi à maintenir une production constante de lait avec moins de vaches.

Comme dans le cas des émissions de CH_4, l'augmentation des émissions de N_2O entre 1981 et 2006 est en grande partie attribuable à l'accroissement des populations animales, particulièrement les bovins à viande. La production accrue de fumier qui en découle se traduit par des émissions directes de N_2O provenant du fumier utilisé comme engrais, stocké dans un système de gestion du fumier ou déposé directement sur les pâturages par les animaux. Les émissions d'oxyde nitreux ont aussi augmenté par suite d'une hausse de 64 p. 100 dans l'utilisation des engrais azotés synthétiques, la quantité utilisée étant passée de 0,9 million de tonnes en 1981 à 1,5 million de tonnes en 2006 (figure 16-9). Les émissions indirectes générées par le fumier et les engrais découlent de la volatilisation et du redépôt de l'ammoniac (NH_3^+) et des oxydes d'azote (NO_x), ainsi que des émissions indirectes issues de la lixiviation et du ruissellement. La décomposition des résidus de culture constitue une autre source d'azote pouvant produire des émissions de N_2O. Les résidus de culture varient néanmoins d'une année à l'autre selon le climat et les types de cultures plantées. La hausse des productions végétales totales survenue entre 1981 et 2006 signifie que la quantité d'azote dans les résidus de culture a augmenté de 40 p. 100, passant de 0,8 à 1,2 million de tonnes. La production minimale a été enregistrée en 2001 lorsque les mauvaises conditions de croissance dans les provinces des Prairies ont entraîné une baisse notable de la production.

Émissions nettes de GES (kg CO_2 e ha^{-1})

0–500	501–1000	1001–1500	1501–2000	>2000	non évalué

FIGURE 16-5 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole, 2006

TABLEAU 16-1 Émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole au Canada, 1981–2006 (en Mt CO_2e)

	Méthane (CH_4)						Oxyde nitreux (N_2O)						Dioxyde de carbone (CO_2)						Émissions nettes						
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	P. 100 CHANGEMENT
BC	1,2	1,2	1,3	1,5	1,5	1,4	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	2,3	2,2	2,2	2,4	2,4	2,3	4
AB	6,0	6,0	7,3	8,8	9,9	9,7	5,9	6,1	6,0	7,1	7,3	8,1	-0,7	-0,9	-1,2	-2,2	-3,4	-4,1	11,1	11,1	12,0	13,7	13,8	13,8	24
SK	3,1	2,8	3,1	4,0	4,1	4,9	3,8	4,8	4,0	5,7	5,1	6,0	-0,3	-1,8	-1,9	-4,4	-6,9	-9,1	6,6	5,8	5,3	5,4	2,3	1,8	-73
MB	1,7	1,7	1,7	2,2	2,3	2,8	2,4	3,0	2,7	3,2	3,1	3,8	-1,0	-1,1	-1,2	-1,2	-1,4	-1,7	3,0	3,5	3,2	4,2	4,1	4,8	59
ON	5,4	4,9	4,9	5,0	4,7	4,8	5,7	5,5	5,1	5,1	4,9	5,8	2,2	2,0	1,8	1,6	1,7	1,5	13,3	12,4	11,8	11,7	11,2	12,0	-10
QC	3,7	3,4	3,5	3,7	3,6	3,7	3,2	3,2	3,1	3,2	3,3	3,4	0,6	0,7	0,9	1,1	1,5	1,4	7,6	7,3	7,5	8,0	8,4	8,5	12
PA	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	1,4	1,4	1,5	1,6	1,5	1,6	13
CANADA	**21,7**	**20,7**	**22,5**	**25,8**	**26,7**	**27,9**	**22,6**	**24,1**	**22,4**	**25,9**	**25,4**	**28,7**	**1,0**	**-1,0**	**-1,4**	**-4,8**	**-8,3**	**-11,7**	**45,3**	**43,9**	**43,5**	**46,9**	**43,8**	**44,8**	**-1**

PA = Ensemble des provinces de l'Atlantic, dont Terre Neuve et Labrador, Île-du-Prince-Édouard, Nouvelle-Écosse et Nouveau-Brunswick.

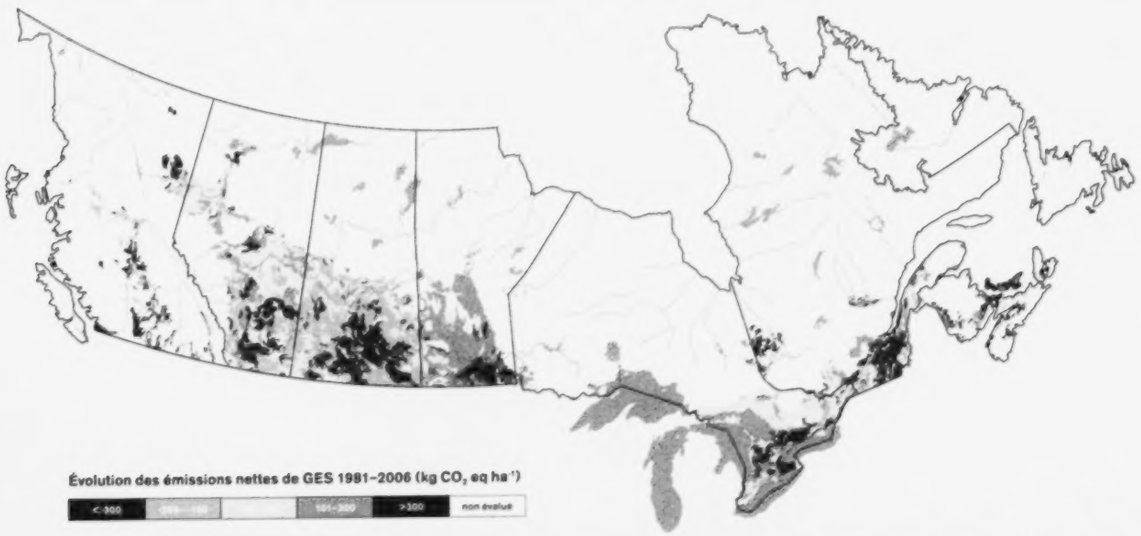


FIGURE 16-6 Évolution des émissions nettes de gaz à effet de serre entre 1981 et 2006. Une valeur négative correspond à une réduction des émissions nettes de GES.

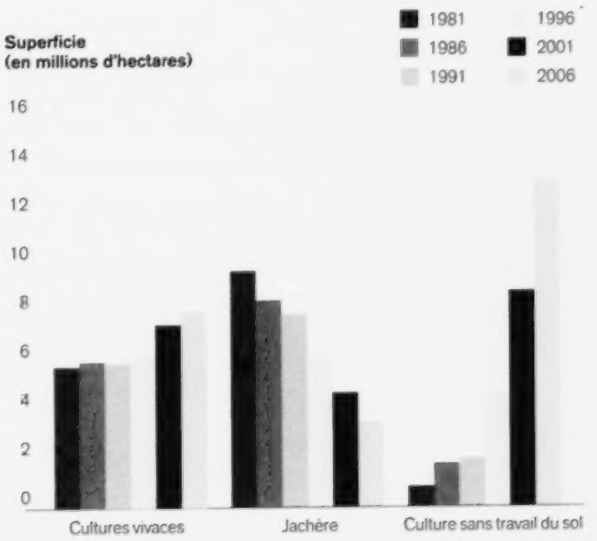


FIGURE 16-7 Évolution au Canada entre 1981 et 2006 des pratiques de gestion qui favorisent la séquestration du carbone dans les sols agricoles, comme une plus grande utilisation des cultures vivaces et des techniques de culture sans travail du sol et un recours plus faible aux jachères

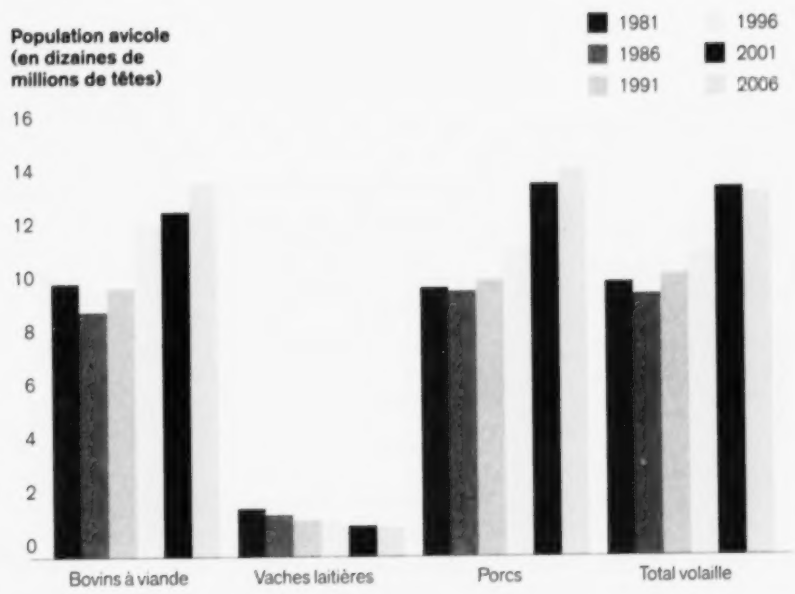


FIGURE 16-8 Populations de bétail et de volaille au Canada, 1981–2006

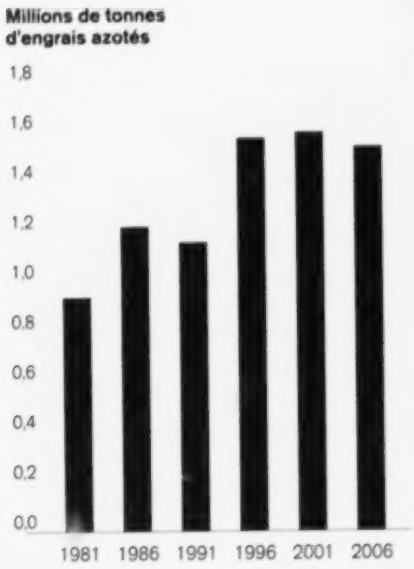


FIGURE 16-9: Utilisation d'engrais azotés au Canada, 1981–2006

Mesures d'intervention possibles

Assurer un approvisionnement adéquat en aliments sains et nutritifs malgré des pressions de plus en plus lourdes sur les ressources naturelles est un des plus importants défis auxquels le Canada doit faire face. On s'attend à ce que la demande de nourriture, mue par la croissance de la population humaine et la popularité mondiale des régimes plus riches en protéines, continue d'augmenter. Comme les émissions de GES sont le résultat inévitable de la production alimentaire, il est fort probable que les émissions de CH_4 et N_2O suivront la même tendance. On pourrait réduire les émissions de GES en améliorant les pratiques de gestion, par exemple en adoptant de nouvelles stratégies d'alimentation animale et de nouvelles techniques de traitement des déchets. Par ailleurs, il arrive souvent que des obstacles économiques ou technologiques préviennent l'adoption généralisée de ces pratiques. On pourrait, par exemple, ajouter des matières grasses au régime d'un ruminant pour réduire les émissions de CH_4 dues à la fermentation entérique et assurer la biodigestion des déchets d'origine animale pour faire baisser de façon importante les émissions de CH_4 issues de la gestion du fumier. Or, dans le premier cas, il est généralement peu économique d'ajouter des matières grasses au régime d'un ruminant et, dans le deuxième cas, les coûts de démarrage et l'expertise technologique nécessaires pour exploiter un biodigesteur peuvent en prévenir la construction.

Il existe d'autres moyens d'améliorer la séquestration du carbone et de réduire ainsi les émissions de CO_2 provenant du sol. Néanmoins, la capacité des sols à séquestrer le carbone n'est pas illimitée et ne peut pas durer indéfiniment. Dans l'avenir, les sols agricoles canadiens atteindront un nouveau point d'équilibre en ce qui concerne le carbone des sols, point où les quantités de CO_2 absorbées chaque année seront égales aux émissions annuelles de CO_2. Par ailleurs, la séquestration continue du carbone dépend du maintien des pratiques de gestion améliorées qui ont mené à la séquestration du carbone.

Comme il est fort probable que la demande de produits agricoles continuera de s'accroître, il importe de reconnaître les gains d'efficacité réalisés par les agriculteurs de tout le Canada et de les encourager à poursuivre les efforts en ce sens. Dans de nombreux cas, les producteurs ont adopté des pratiques de gestion qui ont permis d'améliorer l'utilisation des éléments nutritifs par les cultures et les animaux ainsi que l'efficacité de l'alimentation, en plus de réduire l'utilisation d'énergie et le travail du sol. La combinaison de ces facteurs a permis de réduire les émissions de GES par unité de produit. Par exemple, la plus forte production de lait par vache a fait augmenter les émissions entériques de CH_4 par animal. Cependant, exprimées en kg de lait produit, les émissions nettes de GES de l'industrie laitière canadienne ont diminué de 20 p. 100 entre 1981 et 2006 (Dyer et coll., 2008), tandis que l'adoption de PGB par les industries du bœuf et du porc a entraîné une réduction de 36 p. 100 et 37 p. 100, respectivement, des émissions par unité de poids vif entre 1981 et 2006.

Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada. (2007). *L'industrie laitière canadienne en chiffres, 2007*. Consulté le 8 mai 2009 sur http://www.dairyinfo.gc.ca/pdf/publication_2007.pdf

Agriculture et Agroalimentaire Canada. (1981). *Service canadien de contrôle d'aptitudes des bovins laitiers : Rapport annuel.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Desjardins, R.L., Janzen, H.H., Rochette, P., McConkey, B., Boehm, M., et Worth, D. (2008). Moving Canadian agricultural landscapes from GHG source to sink. Dans H. Hengeveld, L. Braithwaite, R. Desjardins, J. Gorjup, et P. Hall (éd.), *Enhancement of greenhouse gas sinks: A Canadian science assessment.* Toronto (Ont.), Canada, Environnement Canada.

Dyer, J.A. et Desjardins, R.L. (2003). Simulated farm fieldwork, energy consumption and related greenhouse gas emissions in Canada. *Biosystems Engineering, 85* 503-513.

Dyer, J.A. et Desjardins, R.L. (2006). Carbon dioxide emissions associated with the manufacturing of tractors and farm machinery in Canada. *Biosystems Engineering, 93* 107-118.

Dyer, J.A. et Desjardins, R.L. (2007). Energy-based GHG Emissions from Canadian Agriculture. *Journal of the Energy Institute, 80* 93–95.

Dyer, J.A. et Desjardins, R.L. (2009). A review and evaluation of fossil energy and carbon dioxide emissions in Canadian agriculture. *Journal of Sustainable Agriculture,* 33 210-228.

Dyer, J.A., Vergé, X.P.C., Desjardins, R.L. et Worth, D. (2008). Long term trends in the GHG emissions from the Canadian dairy industry. *Revue canadienne de la science du sol,* 88 629-639

Environnement Canada. (2008). *Inventaire canadien des gaz à effet de serre pour 2006—Résumé des tendances.* Consulté le 24 mars 2008 sur http://www.ec.gc.ca/pdb/GES/inventory_report/2006/som-sum_fra.pdf

Houghton, J.T., Meiro Filho, L.G., Callander, B.A., Harris, N., Kattenberg, A. et Maskell, K., (éd.). (1996). *Second assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* Cambridge, Cambridge University Press.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). 2007. Climate Change 2007—The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor et H.L. Miller (éd.). Cambridge University Press, Cambridge, Royaume-Uni et New York, NY, États-Unis, 996 pp.

Janzen, H.H., Desjardins, R.L., Rochette, P., Boehm, M. et Worth, D. (éd.) (2008). *Une agriculture efficace pour un air plus sain : une analyse scientifique des liens entre les pratiques agricoles et les gaz à effet de serre au Canada.* Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Rochette, P., Worth, D., Lemke, R.L., McConkey, B.G., Pennock, D.J, Wagner-Riddle C., *et coll.* (2008). Estimation des émissions de N2O par les sols agricoles canadiens. I. Élaboration d'une méthode spécifique au pays, *Revue canadienne de la science du sol,* 88 641-654

Smith, W.N., Desjardins, R.L. et Pattey, E. (2000). The net flux of carbon from agricultural soils in Canada, 1970–2010. *Global Change Biology. 6* 557-568.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., *et coll.* (éd.). (2007). *Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge, Cambridge University Press.

Vergé, X.P.C., Dyer, J.A., Desjardins, R.L. et Worth, D., (2009). Greenhouse gas emissions from the Canadian pork industry, *Livestock Science,* 121 92-101

Vergé, X.P.C, Dyer, J.A., Desjardins, R.L. et Worth, D. (2008). Greenhouse gas emissions from the Canadian beef industry, *Agricultural Systems, 98* 126–134.

Vergé, X.P.C., Worth, D., Hutchinson, J. et Desjardins, R. L. (2006). Indicateur agroenvironnemental – Émissions de gaz à effet de serre provenant des agroécosystèmes canadiens. Émissions de méthane – Rapport technique : méthodes de calculs. Agriculture et Agroalimentaire Canada, Ottawa (Ont.), Canada. 38p (ISBN 0-662-44433-7)

17 Ammoniac

AUTEURS
S. Sheppard et S. Bittman

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole

PORTÉE
Échelle nationale, 2001 à 2006

Sommaire

L'ammoniac (NH_3) est un gaz réactif et toxique qui a d'importantes implications sur la santé de l'environnement et des populations humaines. Il s'agit aussi d'un important élément nutritif que les plantes absorbent par les racines ou par les feuilles sous forme d'ammonium dissous (NH_4^+). Les émissions de NH_3 d'origine agricole sont préoccupantes pour l'environnement, car le NH_3 gazeux peut être directement toxique pour les animaux et les plantes à des concentrations plus élevées. Il peut aussi, en réaction avec d'autres polluants, générer des particules dangereuses pour la santé humaine. Le NH_3 atmosphérique se dépose sur le sol et la végétation à quelques centaines de mètres de la source mais, sous forme de NH_4^+, il peut parcourir des centaines de kilomètres dans la direction du vent, où il peut endommager les écosystèmes sensibles par toxicité directe ou contribuer à l'enrichissement des écosystèmes naturels faibles en éléments nutritifs (comme les marais) ou à l'eutrophisation des eaux de surface. L'ammoniac contribue aussi à l'acidification du sol et aux rejets d'oxyde nitreux (N_2O), un gaz à effet de serre. L'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole a été mis au point pour mesurer les émissions de NH_3 d'origine agricole en fonction des pratiques de production et de gestion adoptées par les agriculteurs canadiens.

L'agriculture émet environ 85 p. 100 du nh3 atmosphérique au Canada. Sur ce total, 78 p. 100 provient du secteur de l'élevage et 22 p. 100, de l'utilisation des engrais azotés (N). Les émissions sont particulièrement élevées dans les zones d'élevage intensif comme l'Alberta, certaines parties du Sud du Québec, de l'Ontario et du Manitoba, et la vallée du Bas-Fraser en Colombie-Britannique. Le total des émissions générées par le secteur de l'élevage atteint son maximum en mai et son minimum en hiver. La plupart des pertes de NH3 attribuables à ce secteur proviennent des bâtiments d'élevage, des parcs d'engraissement et des pâturages (45 p. 100) et de l'épandage du fumier sur les terres (45 p. 100). En conséquence de l'utilisation d'engrais, les émissions de NH3 s'étendent sur un vaste territoire, particulièrement dans l'Ouest du Canada, mais le taux d'émission par hectare est relativement faible. Le taux des émissions d'azote générées par les engrais épandus sur les terres arables variait entre 8 p. 100 dans l'Est du Canada et 3 p. 100 dans l'Ouest du Canada. Les émissions de nh3 d'origine agricole représentant la perte d'un élément nutritif essentiel et coûteux, elles sont généralement considérées comme peu souhaitables. Les 440 000 tonnes (t) de NH3 (362 000 t d'azote) d'origine agricole perdues en 2006 équivalent à environ 25 p. 100 des engrais utilisés au Canada.

L'enjeu

Le secteur agricole génère environ 85 p. 100 des émissions de NH_3 d'origine anthropique dans l'atmosphère. L'ammoniac dérive de l'urée de l'urine des mammifères, de l'acide urique présent dans le fumier de volaille et de la décomposition des composés azotés organiques. (L'urée et l'acide urique excrétés par les animaux sont issus de la digestion des protéines.) Les engrais qui contiennent de l'urée et du NH_3 constituent également une source d'émissions de NH_3. Le NH_3 atmosphérique se dépose sur le sol où il peut soit constituer une importante source d'azote pour les plantes, soit nuire à la santé des plantes et écosystèmes sensibles. Dans le sol, le NH_3 se transforme en azote gazeux (N_2) ou assume différentes formes d'azote d'importance environnementale telles que le N_2O, le monoxyde d'azote (NO) et le nitrate (NO_3). Dans l'atmosphère, il peut aussi produire du smog et des particules en réaction avec d'autres polluants; la brume sèche du Sud de l'Ontario et de la vallée du Bas-Fraser est en grande partie attribuable aux particules formées par le NH_3.

L'ammoniac d'origine agricole est préoccupant pour les raisons suivantes :

- son rôle comme précurseur de la production de particules inhalables et de smog;
- le problème de la toxicité directe pour les animaux et les humains qui inhalent de l'ammoniac à l'intérieur des granges;
- la perte d'un élément nutritif essentiel aux plantes et coûteux à remplacer;
- la dégradation écologique associée à une quantité d'azote excédentaire aux besoins des communautés végétales sensibles;
- son rôle potentiel dans l'émission du gaz à effet de serre N_2O.

Le NH_3 étant un gaz atmosphérique mobile qui peut traverser les frontières, il tombe sous le coup du Protocole relatif à la réduction de l'acidification, de l'eutrophisation et de l'ozone troposphérique (Protocole de Goteborg), qui enjoint aux

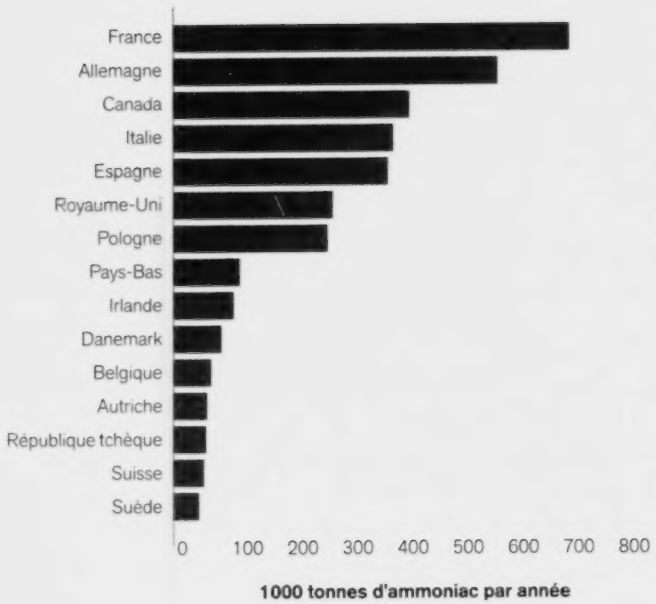


FIGURE 17-1 Émissions de NH_3 (1000 tonnes de NH_3 par année) d'origine agricole pour l'année 2006 (adapté du rapport 2006 du CEIP)

signataires de ramener leurs émissions de NH_3 aux niveaux de 1990. Le Canada fait partie des signataires mais ne l'a pas encore ratifié. Les sections du Protocole de Göteborg touchant particulièrement l'ammoniac ne s'appliquent qu'à l'Europe. Les émissions canadiennes figurent parmi les plus élevées déclarées à la Commission économique des Nations Unies pour l'Europe (CEE-ONU) (figure 17-1). Cependant, ces données devraient être interprétées en tenant compte du fait que le Canada, en terme de superficie, equivaut à plusieurs pays de l'Europe.

L'indicateur

L'Indicateur des émissions d'ammoniac d'origine agricole mesure les émissions atmosphériques annuelles de NH_3 provenant des animaux d'élevage et des engrais, exprimées par hectare de terres agricoles dans chaque polygone des Pédopaysages du Canada. Cette approche permet d'intégrer l'indicateur de NH_3 à d'autres indicateurs d'azote.

L'indicateur se fonde sur une série de modèles informatiques qui estiment les émissions totales de NH_3 dans l'atmosphère par animal ou par quantité d'engrais utilisée. Les modèles ont été développés séparément pour la volaille, les porcs, les vaches laitières, les bovins à viande et les engrais, parce que chacun de ces secteurs a ses propres caractéristiques de contrô-

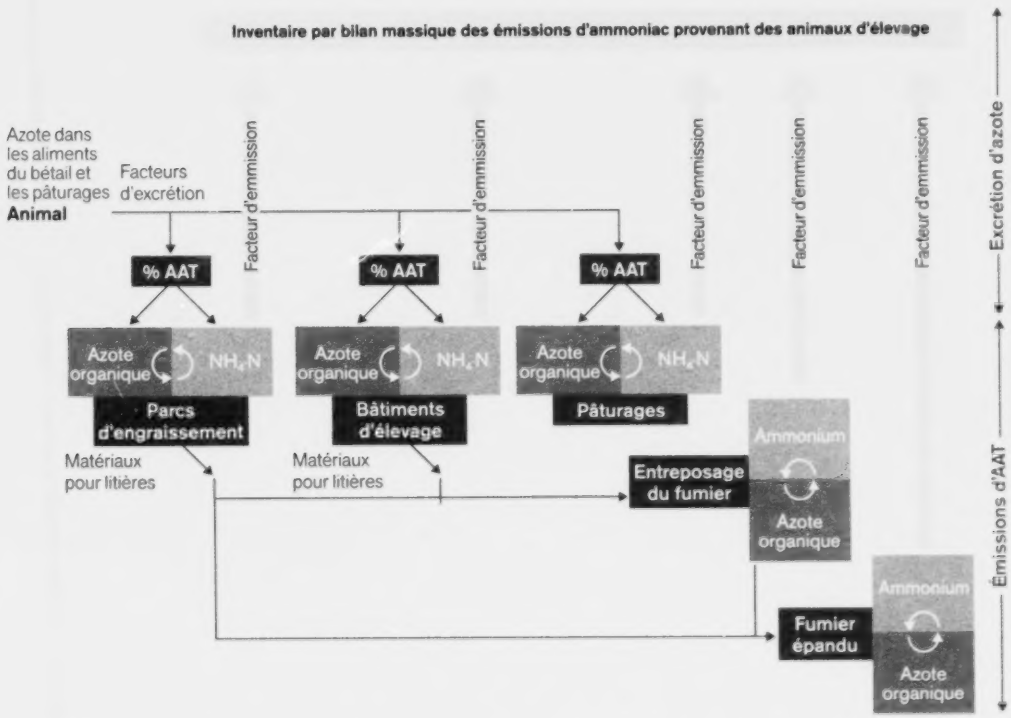


FIGURE 17-2 Structure de l'inventaire par bilan massique des émissions de NH3 montrant les composantes excrétion et émission (adapté de S.G. Sommer, 2003). Le modèle en vigueur ne tient pas compte des conversions entre l'azote organique et l'azote inorganique.

le. Les modèles associés aux animaux d'élevage possèdent plusieurs attributs clés :

- Ils sont basés sur l'azote ammoniacal total (AAT) présent dans le fumier, ce qui comprend l'urée et l'acide urique.
- Dans le cas des animaux abrités, les modèles calculent la quantité de NH_3 pouvant être émise à une étape donnée, depuis l'excrétion jusqu'à la claustration en passant par l'entreposage et l'épandage du fumier (figure 17-2). Les pertes provenant des animaux au pâturage sont considérées comme une seule étape.
- La quantité d'AAT excrétée est censée être égale à la quantité d'azote protéique consommé par l'animal, moins l'azote protéique retenu dans les tissus et produits animaux (œufs et lait). L'AAT correspond à une proportion de l'azote excrété.
- Dans la mesure du possible, on a utilisé des fonctions documentées qui établissent un lien entre l'excrétion ou l'émission et les facteurs environnementaux, parce que celles-ci résument généralement une grande quantité de données et permettent l'interpolation aux conditions particulières à chaque écorégion. On a aussi utilisé des données canadiennes lorsqu'il y en avait.
- Le nombre d'animaux par hectare est tiré du Recensement de l'agriculture.

Le modèle des émissions liées aux engrais (Sheppard, Bittman et Bruulsema, 2009) calcule les émissions de NH_3 par hectare pour 37 cultures. On estime les émissions provenant des engrais en multipliant la quantité d'engrais azoté épandu par hectare par la fraction de l'azote épandu émise sous forme de NH_3, selon les produits azotés et les pratiques d'épandage.

Les valeurs d'émissions calculées sont divisées en cinq catégories d'intensité.

Limites

L'indicateur a été calculé seulement pour les années de recensement 2001 et 2006 parce qu'il n'y a pas suffisamment de données appropriées sur les pratiques d'alimentation, les bâtiments d'élevage et la gestion du fumier pour les années de recensement précédentes. La composition des aliments varie selon le type d'animal, la source et le mélange. Cette information est difficile à obtenir pour les années antérieures à 2001.

L'indicateur nécessite une interprétation prudente, car les taux d'émission varient sensiblement au cours de l'année, le transport des émissions est affecté par les conditions météorologiques, et les taux d'émission dans certaines régions ont un impact beaucoup plus marqué que les mêmes taux dans d'autres régions. Ce dernier phénomène constitue une limitation particulière puisque les émissions de NH_3 peuvent jouer un rôle important dans la formation du smog. Les épisodes de smog peuvent durer quelques heures ou quelques jours, selon la présence d'autres polluants atmosphériques pouvant réagir avec le NH_4 (Chu, 2004).

TABLEAU 17-1 Pourcentage des terres agricoles de chaque province dans chacune des cinq catégories d'intensité pour les émissions de NH3 (<3, 3–4, 4–6, 6–10 et >10 kg par hectare de terres agricoles). Les données pour 2006 coïncident avec celles de la figure 17-4.

	2001					2006				
	<3	3–4	4–6	6–10	>10	<3	3–4	4–6	6–10	>10
BC	24	33	31	4	8	32	36	24	2	7
AB	14	15	24	36	11	8	18	28	35	11
SK	51	26	21	2	0	36	31	30	3	0
MB	0	6	48	41	5	0	3	39	49	9
ON	0	0	5	18	78	0	0	6	16	77
QC	0	0	4	19	76	0	1	3	21	75
NB	1	1	18	43	38	1	1	18	45	35
NS	9	4	8	32	48	8	9	6	36	40
PE	0	0	6	29	66	0	0	5	28	67
NF	25	5	3	24	44	16	0	19	17	48
CANADA	**26**	**17**	**23**	**19**	**15**	**18**	**20**	**27**	**20**	**15**

L'indicateur exige des données qui, par nature, sont incertaines à certains égards. Lorsqu'il n'y avait pas de données disponibles sur les émissions canadiennes, on a utilisé des données sur les facteurs d'émission en Europe et aux États-Unis en les adaptant au contexte canadien dans la mesure du possible.

Résultats et interprétation

Les émissions canadiennes d'ammoniac se sont accrues de 2 p. 100 entre 2001 et 2006, le Manitoba et la Saskatchewan affichant les plus fortes hausses, surtout en raison de l'augmentation du nombre d'animaux. C'est dans le Sud-Ouest de l'Ontario et le Sud du Québec, où la population animale est élevée (tableau 17-1), qu'on enregistre les plus fortes densités de taux d'émission élevés (figure 17-5). Dans les Prairies, on trouvait des taux d'émission élevés associés au chargement en bétail des pâturages de certaines régions, mais une caractéristique dominante était la vaste superficie de terres agricoles où les taux d'émission sont faibles en conséquence de l'épandage des engrais (figure 17-5; tableau 17-2).

Le pourcentage de terres agricoles classées dans la catégorie d'intensité la plus faible (moins de 3 kg d'émissions par hectare) est passé de 26 p. 100 en 2001 à 18 p. 100 en 2006. Cette diminution se reflétait dans les petites hausses enregistrées dans les autres catégories d'intensité. Le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie d'intensité la plus élevée (plus de 10 kg d'émissions par hectare) n'a toutefois pas changé durant cette période.

À l'échelle du Canada, environ 78 p. 100 des émissions de NH_3 sont attribuées au secteur de l'élevage. À lui seul, le secteur des bovins à viande comptait pour 46 p. 100 du total (figure 17-6),

TABLEAU 17-2 Distribution des émissions de NH3 entre les secteurs d'élevage et les engrais et entre les provinces en 2006, et émissions totales pour 2001

	Volaille	Bovins à viande	Vaches laitières	Porcs	Engrais	Pourcentage provincial des émissions canadiennes	
	Pourcentage des émissions de NH_3 généré par chaque secteur en 2006					2001	2006
BC	18,8	45,6	21,3	4,2	10,0	4,0	3,6
AB	1,8	70,0	4,4	7,9	20,0	27,9	27,3
SK	1,0	51,1	1,5	7,2	39,4	20,9	21,4
MB	3,2	44,0	4,2	22,0	26,0	10,7	11,4
ON	9,0	32,9	20,7	23,2	15,9	18,8	18,6
QC	7,4	18,5	27,7	35,4	12,9	14,7	14,8
NB	14,8	27,0	25,9	16,7	16,7	0,7	0,6
NS	19,7	30,0	27,4	14,8	8,4	0,8	0,7
PE	2,0	32,3	21,7	22,3	22,3	0,7	0,7
NF	16,9	11,2	61,5	2,3	7,7	0,1	0,1
CANADA	**4,8**	**45,5**	**11,1**	**16,1**	**22,3**	**100**	**100**
			Total des émissions canadiennes (tonnes de NH_3 an^{-1})			430 000	440 000

contre 5 p. 100 pour la volaille et 22 p. 100 pour les engrais. En 2006, les émissions de NH_3 (440 000 tonnes de NH_3 ou 362 000 tonnes d'azote) d'origine agricole équivalaient à environ 25 p. 100 des engrais utilisés au Canada.

Dans tous les secteurs d'élevage, entre 50 p. 100 et 63 p. 100 de l'AAT excrété a été perdu par suite de différentes pratiques d'élevage, d'entreposage et d'épandage. Le pourcentage d'AAT excrété perdu sous forme de NH_3 s'élevait à 50 p. 100 pour les vaches laitières, 50 p. 100 pour les bovins à viande, 60 p. 100 pour la volaille et 60 p. 100 pour les porcs. Environ 45 p. 100 des pertes étaient attribuables aux pratiques d'élevage (y compris le pâturage), 5 p. 100 à 14 p. 100 à l'entreposage et 40 p. 100 à 54 p. 100 à l'épandage. Les taux d'émission des engrais épandus sur les terres arables durant le mois de mai variaient entre 3 p. 100 dans l'Ouest et 8 p. 100 dans l'Est. La différence régionale est surtout due à une plus grande utilisation de l'injection d'engrais dans l'Ouest du Canada.

Les émissions totales annuelles peuvent masquer d'importants enjeux. La plupart des émissions provenant des engrais sont disséminées à travers les Prairies en raison de la vaste superficie cultivée dans cette région (figure 17-3), ce qui se traduit par un faible taux d'exposition au NH_3 pour les Canadiens. Par contraste, les élevages de volaille, de vaches laitières et, dans une certaine mesure, de porcs sont habituellement situés près des agglomérations canadiennes. Par exemple, on trouve de grandes industries dans la vallée du Bas-Fraser et le Sud de l'Ontario, où les émissions de NH_3 d'origine agricole forment des particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 micromètres ($PM_{2.5}$). L'ammoniac libéré par les bovins à viande et les engrais contribue également aux émissions et à la formation de $PM_{2.5}$ dans le corridor densément peuplé de Windsor-Montréal (figure 17-3). (Pour de plus amples renseignements sur les particules et leurs effets, voir le chapitre 18)

Les émissions provenant des bovins à viande et de la plupart des autres animaux d'élevage atteignent leurs plus hauts niveaux en mai et à l'automne, lorsque les installations d'entreposage du fumier sont vidées, les granges sont nettoyées et le fumier est épandu sur les terres arables et les pâturages avant l'ensemencement ou la période de croissance du printemps ou après la récolte (figure 17-8). Les émissions sont faibles en hiver, en partie parce que les basses températures réduisent les émissions, mais surtout en raison de la petite quantité de fumier épandu. Les émissions liées aux engrais (figure 17-9) sont fortement concentrées en mai. Comme on pourrait s'y attendre, les applications d'engrais sur les pâturages vivaces sont un peu plus étalées dans le temps que sur les terres arables.

Mesures d'intervention possibles

Les pratiques de gestion bénéfiques (PGB) visant à réduire les émissions de NH_3 générées par le secteur de l'élevage sont complexes. L'ammoniac ayant tendance à s'échapper dans l'atmosphère, la conservation du NH_3 à un seul endroit ne fait qu'accroître les chances qu'il s'échappe d'un autre endroit à moins d'être adsorbé ou utilisé par les cultures. Les modèles d'indicateur donnent à penser que, pour atténuer les émissions de NH_3, il faudrait éviter de donner aux animaux une quantité de protéines excédant leurs besoins nutritionnels et améliorer les méthodes d'injection ou d'intégration du fumier. Les taux d'émission et l'efficacité des pratiques d'atténuation sont affectés par des facteurs tels que la température, le rayonnement solaire, le vent et la probabilité de précipitations.

Émissions provenant des animaux d'élevage et des engrais en 2006 (kg ha^{-1})

<3 | 3–4 | 4–6 | 6–10 | >10 | non évalué

FIGURE 17-3 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en 2006

Émissions d'odeurs d'origine agricole

AUTEURS
D.I. Massé, A. Narjoux, F. Granger, T. Pagé and M. Cournoyer

L'enjeu

L'odeur est un facteur important à prendre en compte dans l'évaluation de la qualité de l'air ambiant. Les odeurs peuvent nuire à la qualité de vie, engendrer des nuisances socioaffectives et causer de véritables symptômes physiques. Les nuisances olfactives sont devenues un enjeu économique pour le secteur agricole. Dans certaines régions, il est devenu impossible de mettre en œuvre de nouveaux projets à cause d'une réglementation de plus en plus rigoureuse concernant l'emplacement des sites de production, la distance qui doit séparer certaines entreprises agricoles des secteurs résidentiels et les restrictions relatives au moment de l'application des engrais, des pesticides et du fumier. Les activités d'élevage constituent une importante source d'odeurs. D'autres sources sont la production de compost, l'épandage d'engrais organiques provenant de déchets animaux ou végétaux, la décomposition des résidus de culture au champ et l'application de pesticides. Les principales sources des odeurs associées aux activités d'élevage sont la ventilation des bâtiments abritant le bétail, l'entreposage des déchets d'origine animale, l'épandage de fumier sur les terres et l'élimination des carcasses d'animaux (Huang et coll., 2005). Les principaux facteurs qui contribuent aux nuisances olfactives pour les populations humaines sont l'origine des odeurs, la fréquence de l'exposition, le niveau des odeurs en période d'exposition et la durée des épisodes.

L'indicateur

Un indicateur d'odeurs agroenvironnementales fondé sur des données scientifiques fiables est en préparation. Cet indicateur mesurera le degré d'adoption des techniques d'atténuation et évaluera l'approche suivie par le secteur agricole pour régler le problème. Il se fondera sur les données tirées du Recensement de l'agriculture, de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA) et de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage pour évaluer les différentes sources d'émissions (p. ex. bâtiments abritant le bétail, parcs d'engraissement, entreposage du fumier, épandage du fumier sur les terres, etc.) ainsi que les méthodes d'atténuation des odeurs (p. ex. filtres à air, gestion des bâtiments et du fumier, couverture des structures d'entreposage et traitement, méthodes d'application sur les terres) (figure 17-4). Au niveau de la ferme, l'indicateur prendra en compte les facteurs liés aux différents types de bétail, les pratiques d'atténuation des odeurs ainsi que l'emplacement des sources d'émissions par rapport aux maisons voisines. L'indicateur d'odeurs offrira aux décideurs des renseignements qui leur permettront de faire le point sur la situation et d'évaluer l'efficacité avec laquelle les programmes et politiques proposés aident à régler le problème.

Mesures d'intervention possibles

L'adoption, par un site d'élevage, de pratiques de gestion bénéfiques visant à réduire les émissions d'odeurs – et les pratiques particulières adoptées – dépendront des dimensions, du type et de l'emplacement du site en question. Les méthodes d'atténuation des odeurs associées aux installations d'élevage sont généralement regroupées dans quatre domaines d'intervention :

1. les changements apportés au régime d'alimentation, (p. ex. réduire la teneur en éléments nutritifs du fumier);
2. l'amélioration de la gestion et du traitement des excréments, p. ex. couverture des installations de stockage du fumier;
3. la capture et le traitement des émissions gazeuses, p. ex. au moyen de *biofiltres* physiques ou biologiques;
4. l'amélioration des conditions de dispersion des odeurs dans l'atmosphère, p. ex. en plantant des rangées d'arbres.

FIGURE 17-4 Cadre conceptuel pour l'Indicateur des émissions d'odeurs d'origine agricole

RÉFÉRENCES
Huang, G., H. Auld, B. Mills, Q. G. Lin, H. L. Li, Y. P. Cai, X. D. Zhang, L. He et Y. Zou, 2005. Modeling tools for supporting agricultural odor management in Canada. Center for Studies in Energy and Environment, University of Regina. Rapport présenté au Service météorologique du Canada, Environnement Canada, novembre 2005.

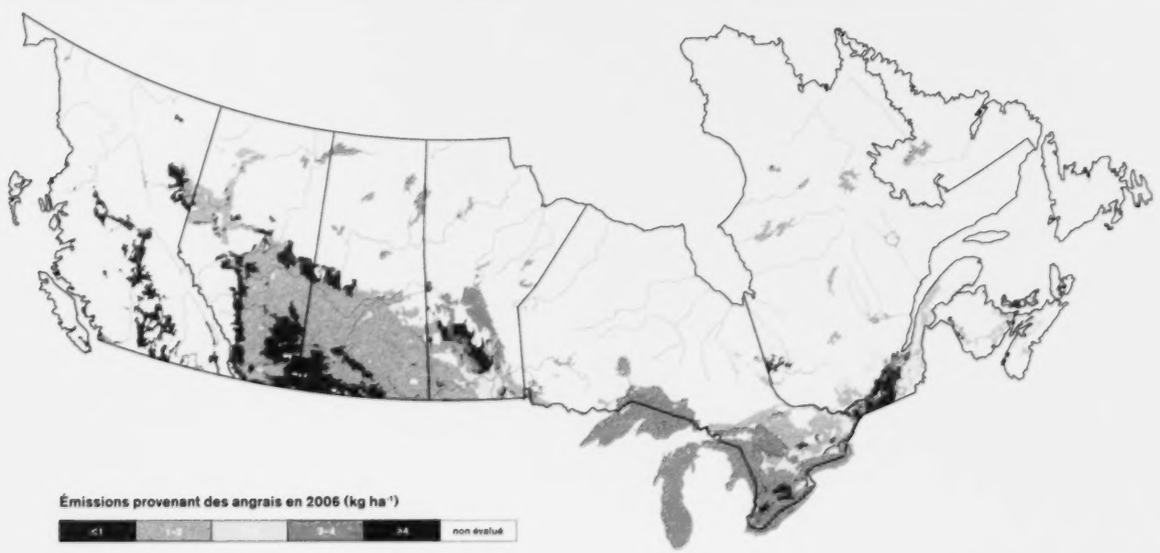


FIGURE 17-5 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en 2006

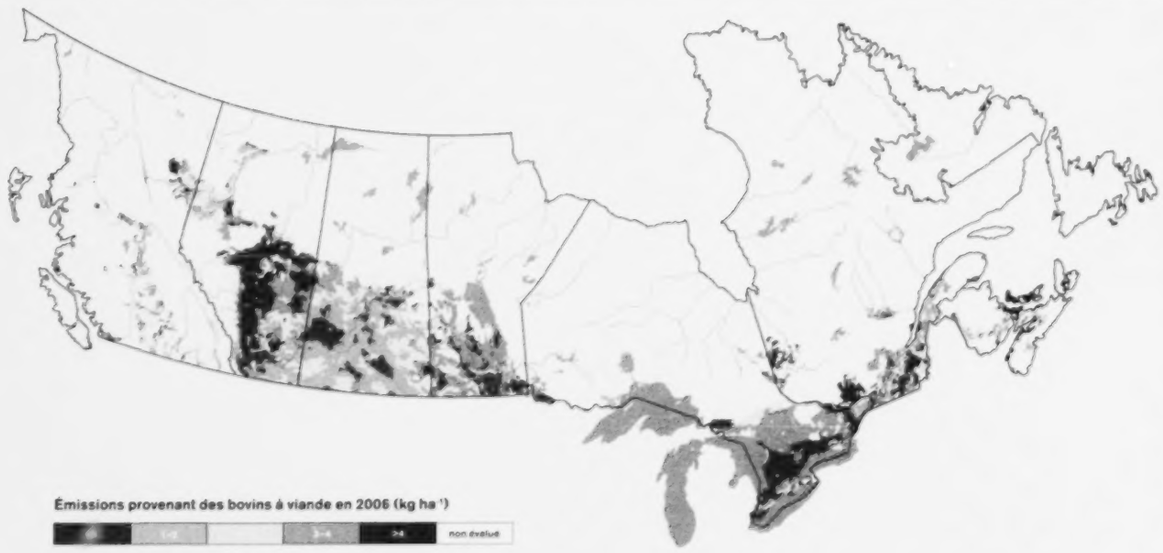


FIGURE 17-6 Émissions d'ammoniac provenant des engrais par hectare de terres agricoles en 2006

Émissions d'odeurs d'origine agricole

AUTEURS

D.I. Massé, A. Nampon, F. Gasser, T. Page and M. Chatonnet

L'enjeu

L'odeur est un facteur important à prendre en compte dans l'évaluation de la qualité de l'air ambiant. Les odeurs peuvent nuire à la qualité de vie, engendrer des nuisances socioaffectives et causer de véritables symptômes physiques. Les nuisances olfactives sont devenues un enjeu économique pour le secteur agricole. Dans certaines régions, il est devenu impossible de mettre en œuvre de nouveaux projets à cause d'une réglementation de plus en plus rigoureuse concernant l'emplacement des sites de production, la distance qui doit séparer certaines entreprises agricoles des secteurs résidentiels et les restrictions relatives au moment de l'application des engrais, des pesticides et du fumier. Les activités d'élevage constituent une importante source d'odeurs. D'autres sources sont la production de compost, l'épandage d'engrais organiques provenant de déchets animaux ou végétaux, la décomposition des résidus de culture au champ et l'application de pesticides. Les principales sources des odeurs associées aux activités d'élevage sont la ventilation des bâtiments abritant le bétail, l'entreposage des déchets d'origine animale, l'épandage de fumier sur les terres et l'élimination des carcasses d'animaux (Huang et coll., 2005). Les principaux facteurs qui contribuent aux nuisances olfactives pour les populations humaines sont l'origine des odeurs, la fréquence de l'exposition, le niveau des odeurs en période d'exposition et la durée des épisodes.

L'indicateur

Un indicateur d'odeurs agroenvironnementales fondé sur des données scientifiques fiables est en préparation. Cet indicateur mesurera le degré d'adoption des techniques d'atténuation et évaluera l'approche suivie par le secteur agricole pour régler le problème. Il se fondera sur les données tirées du Recensement de l'agriculture, de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA) et de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage pour évaluer les différentes sources d'émissions (p. ex. bâtiments abritant le bétail, parcs d'engraissement, entreposage du fumier, épandage du fumier sur les terres, etc.) ainsi que les méthodes d'atténuation des odeurs (p. ex. filtres à air, gestion des bâtiments et du fumier, couverture des structures d'entreposage et traitement, méthodes d'application sur les terres) (figure 17-4). Au niveau de la ferme, l'indicateur prendra en compte les facteurs liés aux différents types de bétail, les pratiques d'atténuation des odeurs ainsi que l'emplacement des sources d'émissions par rapport aux maisons voisines. L'indicateur d'odeurs offrira aux décideurs des renseignements qui leur permettront de faire le point sur la situation et d'évaluer l'efficacité avec laquelle les programmes et politiques proposés aident à régler le problème.

Mesures d'intervention possibles

L'adoption, par un site d'élevage, de pratiques de gestion bénéfiques visant à réduire les émissions d'odeurs – et les pratiques particulières adoptées – dépendront des dimensions, du type et de l'emplacement du site en question. Les méthodes d'atténuation des odeurs associées aux installations d'élevage sont généralement regroupées dans quatre domaines d'intervention :

1. les changements apportés au régime d'alimentation, (p. ex. réduire la teneur en éléments nutritifs du fumier);
2. l'amélioration de la gestion et du traitement des excréments, p. ex. couverture des installations de stockage du fumier;
3. la capture et le traitement des émissions gazeuses, p. ex. au moyen de *biofiltres* physiques ou biologiques;
4. l'amélioration des conditions de dispersion des odeurs dans l'atmosphère, p. ex. en plantant des rangées d'arbres.

FIGURE 17-4 Cadre conceptuel pour l'Indicateur des émissions d'odeurs d'origine agricole

RÉFÉRENCES

Huang, G., H. Auld, B. Mills, Q. G. Lin, H. L. Li, Y. P. Cai, X. D. Zhang, L. He et Y. Zou. 2005. Modeling tools for supporting agricultural odor management in Canada. Center for Studies in Energy and Environment, University of Regina. Rapport présenté au Service météorologique du Canada, Environnement Canada, novembre 2005.

FIGURE 17-5 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en 2006

FIGURE 17-6 Émissions d'ammoniac provenant des engrais par hectare de terres agricoles en 2006

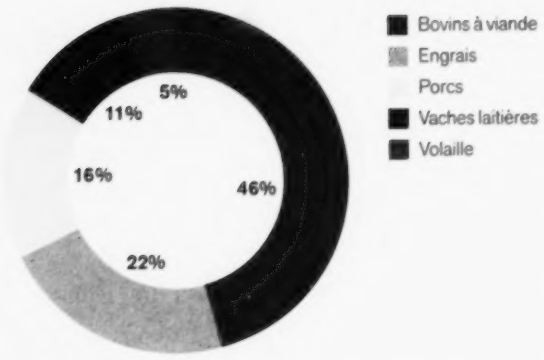


FIGURE 17-7 Ventilation par secteur des émissions agricoles totales au Canada en 2006

FIGURE 17-8: Émissions mensuelles estimatives de NH_3 par bovin à viande, la moyenne étant établie pour l'ensemble du Canada (le modèle calcule les taux d'émission par écorégion)

La modification de l'apport en protéines des aliments pour animaux devrait avoir un effet proportionnellement plus marqué que les contrôles d'émissions, puisqu'une partie du NH_3 conservé à une étape donnée (p. ex. dans les bâtiments d'élevage ou les installations d'entreposage du fumier) se perd lors des étapes subséquentes (entreposage et épandage). Il est cependant plus facile de gérer l'apport en protéines avec précision pour la volaille et les porcs que pour le bétail vu la complexité du processus de digestion chez les ruminants, la grande utilisation faite des fourrages cultivés sur place, dont la qualité est incertaine ou varie, et les pratiques de pâturage.

Les émissions attribuables à l'entreposage sont plus faibles au Canada que dans d'autres pays en raison de la période d'entreposage à froid. On peut réduire les pertes liées aux bâtiments d'élevage en ajoutant des produits chimiques à la litière (p. ex. des agents acidifiants) ou en concevant les granges de façon à séparer les fèces de l'urine. Il faudrait faire des recherches sur l'efficacité des PGB pour la production de bœuf en claustration et en pâturage.

Il faut également étudier les répercussions régionales et locales des émissions de NH_3 par rapport au moment où celles-ci sont produites. Le smog étant souvent un phénomène estival, les émissions de NH_3 atteignent leur plus haut niveau trop tôt dans l'année pour avoir un effet marqué. Des émissions sont toutefois générées durant l'été, particulièrement celles provenant des granges. Les émissions du début du printemps sont sans doute associées aux effets écologiques de l'azote excédentaire, parce que les niveaux élevés dans l'atmosphère peuvent nuire aux jeunes pousses des espèces vulnérables et que les plantes envahissantes, comme les graminées qui réagissent fortement à l'azote, connaissent une période de croissance intensive au printemps.

Les pertes potentielles de NH_3 liées aux engrais à base d'urée sont très élevées et, dans le secteur des cultures, il existe un incitatif économique à réduire les pertes en adoptant des PGB.

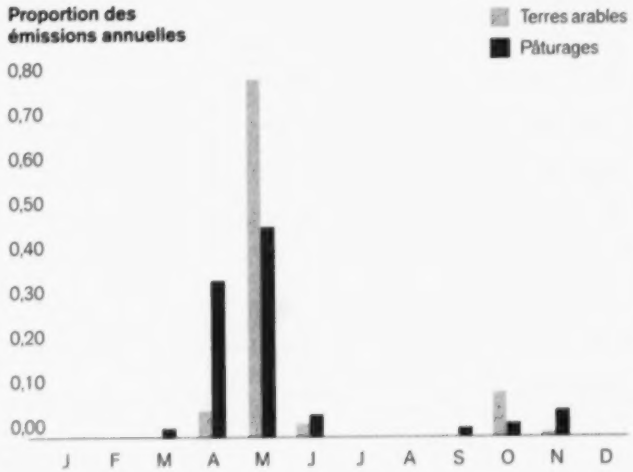


FIGURE 17-9 Proportion estimative des émissions annuelles totales de NH_3 par mois suivant l'épandage des engrais sur les terres arables et les pâturages dans l'Ouest du Canada, où la plus grande partie des engrais canadiens est épandue

On fait de plus en plus appel aux méthodes efficaces d'épandage des engrais telles que l'injection (*épandage en bandes latérales*) afin d'améliorer l'efficience des engrais contenant de l'urée. Ces méthodes ne peuvent toutefois pas s'appliquer aux cultures établies telles que les fourrages et le blé d'hiver. Contrôler les taux d'épandage en pratiquant une agriculture de précision aidera aussi à réduire les émissions.

Pour atténuer les émissions de NH_3, il faut bien comprendre comment ces émissions se traduisent par une perte de ressources. Les producteurs disposent de nombreux moyens d'améliorer leur efficience. Toute politique ou tout facteur économique qui aide à accroître la valeur de l'engrais azoté devrait les encourager à trouver de meilleurs moyens de réduire les pertes de NH_3. Les PGB visant à atténuer les émissions de NH_3 doivent toutefois être considérées comme faisant partie des pratiques de gestion de l'azote à la ferme, car le NH_3 peut avoir des effets directs et indirects sur l'eau, l'air et le sol et donc affecter les PGB ayant pour but d'améliorer la qualité de ces trois éléments.

Références

ApSimon, H.M., Kruse, M. et Bell, J.N.B. (1987). Ammonia emissions and their role in acid deposition. *Atmospheric Environment, 21* 1939–1946.

Barnard, W.R. (1997). Development of a national emission inventory to support revision of the particulate national ambient air quality standard. *Délibérations de la 90e réunion et exposition annuelle de l'Association pour la prévention de la contamination de l'air et du sol*, Toronto (Ontario), Canada.

Battye, W., Aneja, V.P., et Roelle, P.A. (2003). Evaluation and improvement of ammonia emissions inventories. *Atmospheric Environment, 37* 3873-3883.

Bittman, S., Van Vliet, L.J.P., Kowalenko, C.G., McGinn, S., Hunt, D.E., et Bounaix, F. (2005). Surface-banding liquid manure over aeration slots: A new low-disturbance method for reducing ammonia emissions and improving yield of perennial grasses. *Agronomy Journal, 97* 1304–1313.

Brunekreef, B. et Holgate, S.T. (2002). Air pollution and health. *The Lancet, 360* 1233-1242.

Buijsman, E., Maas, H.F.M., et Asman, W.A.H. (1987). Anthropogenic NH_3 emission in Europe. *Atmospheric Environment, 21* 1009-102.

Centre on Emission Inventories and Projections (CEIP). (2006). http://www.emep-emissions.at/emission-data-webdab/emissions-used-in-emep-models/

Chu, S.-H. (2004). $PM_{2.5}$ episodes as observed in the speciation trends network. *Atmospheric Environment, 38* 5237-5246.

Donham, K.J. (1993). Respiratory disease hazards to workers in livestock and poultry confinement structures. *Seminars in Respiratory Medicine, 14* 49–59.

Krupa, S.V. (2003). Effects of atmospheric ammonia (NH_3) on terrestrial vegetation: A review. *Environmental Pollution, 124* 179-221.

Portejoie, S., Martinez, J., et Landmann, G. (2002). L'ammoniac d'origine agricole : impacts sur la santé humaine et animale et sur le milieu naturel. *Productions Animales, 15* 151-160.

Rotz, C.A. (2004). Management to reduce nitrogen losses in animal production. *Journal of Animal Science, 82* E119–E137.

Sheppard, S.C. (2002). Three approaches to define the ecotoxicity threshold for atmospheric ammonia. *Revue canadienne de la science du sol, 82* 341–354.

Sheppard, S.C., Bittman S., Beaulieu M., et Sheppard M.I. (sous presse). Ecoregion and farm size differences in feed and manure nitrogen management: 1) Survey methods and results for poultry. *Revue canadienne de science animale.*

Sheppard, S.C., Bittman S., Beaulieu M., et Sheppard M.I. (2009a). *Ecoregion and farm size differences in feed and manure nitrogen management: 2) Results specific to swine.* Manuscrit soumis pour publication.

Sheppard, S.C., Bittman S., Beaulieu M., et Sheppard M.I. (2009b). *Ecoregion and farm size differences in feed and manure nitrogen management: 3) Results specific to dairy.* Manuscrit en préparation.

Sheppard, S.C., Bittman S., Beaulieu M., et Sheppard M.I. (2009c). *Ecoregion and farm size differences in feed and manure nitrogen management: 4) Results specific to beef.* Manuscrit en préparation.

Sheppard, S.C., Bittman S. et Bruulsema T.W. (2009). *Monthly ammonia emissions from fertilizers in 12 Canadian Ecoregions.* Manuscrit soumis pour publication.

Sheppard, S.C., Bittman S., et Tait J. (sous presse). Monthly NH_3 emissions from poultry in 12 Ecoregions of Canada. *Revue canadienne de science animale.*

Sheppard, S.C., Bittman S., et Tait J. (2009a). *Monthly NH_3 emissions from swine in 12 Ecoregions of Canada.* Manuscrit soumis pour publication.

Sheppard, S.C., Bittman S., et Tait J. (2009b). *Monthly NH_3 emissions from dairy in 12 Ecoregions of Canada.* Manuscrit en préparation.

Sheppard, S.C., Bittman S., et Tait J. (2009c). *Monthly NH_3 emissions from beef in 12 Ecoregions of Canada.* Manuscrit en préparation.

Sommer, S.G. (2003). *Developing a model for computation of ammonia emission in Canada.* Rapport interne à l'intention d'Agriculture et Agroalimentaire Canada. Ottawa (Ontario), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Van Wieringen, L.M., Harrison, J.H., Nennich, T., Davidson, D.L., Morgan, L., Chen, S., *et coll.* (2005). Manure management effects on grass production, nutritive content, and soil nitrogen for a grass silage-based dairy farm. *Journal of Environmental Quality, 34* 164-173.

18 Particules

AUTEURS
E. Pattey, G. Qiu et R. van Haarlem

NOM DE L'INDICATEUR
Indicateur des émissions de particules par l'agriculture

PORTÉE
Échelle nationale, 1981–2006

Sommaire

Les particules en suspension (PM) sont considérées comme un polluant atmosphérique parce qu'elles ont un effet néfaste sur la santé et l'environnement. Les particules réduisent la visibilité et influencent le climat en modifiant la quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la Terre et la quantité d'énergie renvoyée dans l'espace. Elles contribuent à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique ainsi qu'à la formation des pluies acides et du smog. Les émissions de particules résultant des activités agricoles sont un problème émergent associé à la qualité de l'air, particulièrement pour les travailleurs agricoles et les animaux. L'Indicateur des émissions de particules par l'agriculture (IEPA) a été mis au point afin d'évaluer la contribution des activités agricoles au problème des émissions ainsi que les mesures d'atténuation. L'IEPA mesure les émissions de particules primaires provenant des activités d'élevage, de l'érosion éolienne, de la préparation des terres, de la récolte des cultures, de l'épandage des engrais, de la manutention des grains et du pollen pour les années de recensement 1981 à 2006.

En 2006, les émissions d'origine agricole étaient estimées à 1 837,4 kilotonnes (kt) pour le total des particules en suspension (TPS), 652,6 kt pour les particules au diamètre inférieur à 10 micromètres (PM_{10}) et 158,1 kt pour les particules au diamètre inférieur à 2,5 micromètres ($PM_{2,5}$), ce qui représente environ 9 p. 100 du TPS, 11 p. 100 des PM_{10} et 11 p. 100 des $PM_{2,5}$ au Canada. En 2006, la plupart des émissions d'origine agricole au Canada étaient associées à l'érosion éolienne et à la préparation des terres. L'IEPA révèle une tendance à la baisse des émissions de particules par l'agriculture entre 1981 et 2006, le TPS ayant diminué de 48 p. 100, les PM_{10} de 40 p. 100 et les $PM_{2,5}$ de 47 p. 100. Cette tendance est principalement attribuée à un plus grand recours aux pratiques de conservation du sol et sans travail du sol ainsi qu'à une réduction de la superficie des terres en jachère.

L'enjeu

Les particules sont un mélange de particules solides et de gouttelettes liquides de différentes tailles et compositions chimiques en suspension dans l'air. Elles se classent en deux catégories : les particules primaires sont libérées directement dans l'atmosphère, tandis que les particules secondaires sont formées par des processus chimiques ou physiques. Des études épidémiologiques montrent que l'augmentation des concentrations de particules, particulièrement des particules fines ($PM_{2,5}$), est associée à des effets néfastes sur la santé, comme une plus grande incidence de maladies respiratoires et de décès prématurés (Donham et Thelin 2006; Samet et Krewski, 2007; Environmental Protection Agency des États-Unis, 2004). Les particules sont également considérées comme un polluant atmosphérique qui réduit la visibilité, contribue à l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et à la formation des pluies acides et du smog, et influence le climat en modifiant la quantité d'énergie solaire qui atteint la surface de la Terre ainsi que la quantité d'énergie renvoyée dans l'espace.

Les activités agricoles ont été reconnues comme une source importante de particules atmosphériques (Saxton, 1996; Edwards et Bradley, 2004). Les principales sources agricoles de particules primaires comprennent la poussière du sol et des

Sources agricoles de particules primaires

Les particules inorganiques sont un assemblage complexe de minéraux principalement composé de particules de poussière provenant de la *matrice du sol*. Ces poussières consistent surtout en quartz et autres silicates. Les poussières inorganiques, particulièrement le quartz, sont associées à de nombreux problèmes de santé, dont le cancer du poumon.

Les particules biologiques regroupent un vaste éventail de matières de sources organiques telles que les squames d'animaux, la poussière du fumier, les gouttelettes d'urine, les poussières céréalières, les spores de moisissure, les bactéries et le pollen. Ces matières peuvent comprendre des pathogènes infectieux et causer des problèmes de santé tels que des réactions allergiques et des infections générales des voies respiratoires.

Quelques explications

QUELLE EST LA DIFFÉRENCE ENTRE LES PARTICULES PRIMAIRES ET LES PARTICULES SECONDAIRES?

Les particules primaires sont libérées intactes dans l'atmosphère et elles résultent de processus tels que l'érosion éolienne ou le travail de la terre (poussière), la combustion (suie), la récolte ou la manutention des grains (poussière céréalière). Les particules secondaires se forment dans l'air. Par exemple, l'ammoniac peut réagir avec d'autres polluants atmosphériques pour former des particules qui contribuent au smog (figure 18-1).

QU'EST-CE QUE LES DIFFÉRENTES TAILLES DE PARTICULES REPRÉSENTENT?

Les particules comprennent des millions de composés chimiques, de poussière et de matières biologiques, dont des fibres de plume, des squames d'animaux et des bactéries. Ces particules sont classées en fonction de leur diamètre aérodynamique et définies comme suit :

$PM_{2.5}$ Particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 2,5 micromètres. Ces particules sont facilement inhalées dans les voies aériennes inférieures (régions d'échange gazeux des poumons), où elles peuvent se déposer et avoir des effets néfastes sur la santé.

PM_{10} Particules dont le diamètre aérodynamique est inférieur à 10 micromètres, dont les $PM_{2.5}$. Ces particules inhalables peuvent se déposer dans les bronches et les poumons et causer des problèmes de santé.

TSP All PM suspended in the atmosphere with an aerodynamic diameter of less than 100 micrometers.

matières biologiques, les gouttelettes et particules des produits agrochimiques, ainsi que les bactéries qui affectent la qualité de l'air intérieur et extérieur. La qualité de l'air extérieur en milieu rural est mal connue, car il y a peu de stations de surveillance. Les émissions de particules à l'intérieur constituent toutefois une préoccupation majeure des travailleurs agroindustriels, qui peuvent être exposés à des concentrations élevées de particules lors de l'alimentation des animaux ou de la manutention des grains à la ferme comme au terminal céréalier.

Les émissions d'origine agricole affichent des variations temporelles et spatiales. Par exemple, les émissions liées à la préparation des terres et à la récolte ont tendance à être saisonnières, tandis que les émissions issues des activités d'élevage varient selon le type d'animal et de bâtiment. On peut améliorer l'estimation des émissions provenant de différentes sources agricoles en prenant en compte les variations temporelles et spatiales ainsi que l'impact des mesures d'atténuation telles que les changements apportés aux pratiques d'utilisation et de gestion des terres.

L'indicateur

L'IEPA a été conçu pour évaluer les émissions de particules primaires générées par les activités agricoles ainsi que l'impact des pratiques adoptées pour atténuer ces émissions. Il estime les émissions annuelles pour trois catégories de particules (TPS, PM_{10}, et $PM_{2.5}$ en kilotonnes par année) d'origine agricole. Les sources agricoles de particules comprennent l'érosion éolienne, la préparation des terres, la récolte, la combustion des résidus de culture, la manutention des grains, le pollen, l'épandage des engrais, l'application

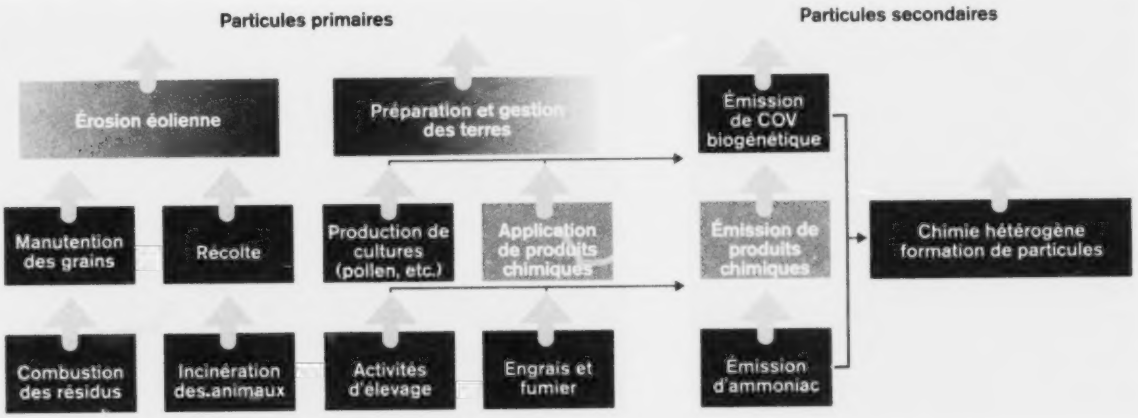


FIGURE 18-1 Principales activités et facteurs contribuant aux émissions de particules primaires et secondaires en agriculture

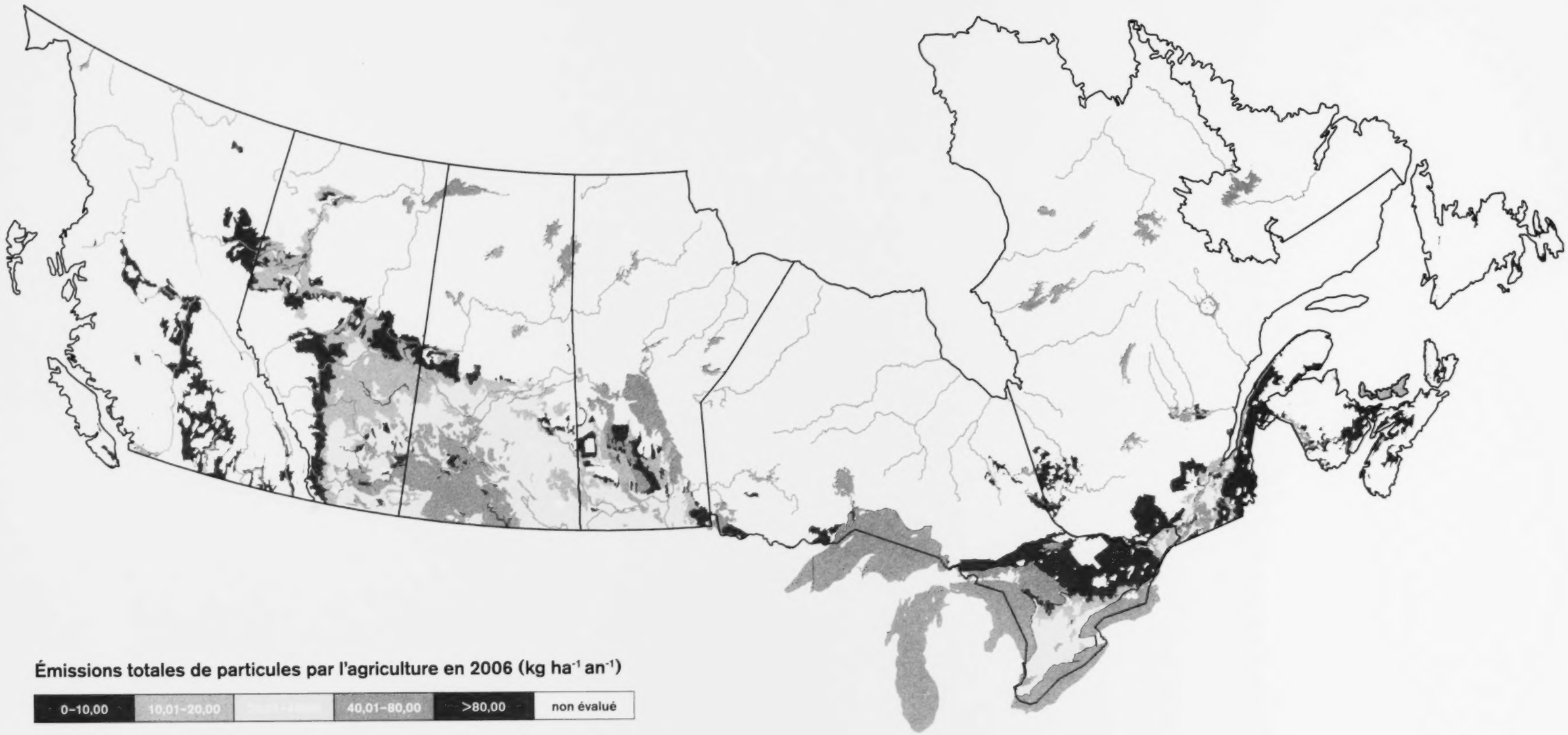


FIGURE 18-2 Émissions de particules primaires par l'agriculture selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006 pour le TPS

TABLE 18-1 Émissions de particules (en kilotonnes) d'origine agricole au Canada, 1981–2006

	TPS (kt an^{-1})						PM_{10} (kt an^{-1})						$PM_{2.5}$ (kt an^{-1})						% de changement entre 1981 et 2006*		
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006	TPS	PM_{10}	$PM_{2.5}$
BC	13	13	13	13	12	13	4	4	4	4	3	4	1	1	1	1	1	1	-4	-4	-11
AB	803	735	673	615	514	431	278	269	249	234	204	179	76	73	67	62	52	43	-46	-35	-44
SK	1828	1560	1387	1248	1116	848	665	596	530	492	460	366	174	155	137	125	112	84	-54	-45	-52
MB	295	251	225	217	196	169	99	90	82	79	73	63	28	25	22	22	20	17	-43	-36	-40
ON	172	149	146	129	127	111	36	34	34	29	28	26	12	12	12	10	10	9	-36	-28	-31
QC	48	45	47	50	61	57	11	10	10	11	12	12	3	3	3	4	4	4	18	12	16
NB	4	3	3	3	3	3	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-12	-6	-9
NS	3	2	4	2	2	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	-23	-28	-27
PE	5	5	5	5	5	4	2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	-20	-16	-14
CANADA**	**3170**	**2763**	**2504**	**2283**	**2036**	**1637**	**1095**	**1005**	**911**	**852**	**783**	**653**	**296**	**270**	**243**	**223**	**198**	**158**	**-48**	**-40**	**-47**

* à l'exclusion de T.-N **Ne sont comparées que les catégories d'émissions déclarées pour toutes les années de recensement. Ces catégories comprennent l'érosion éolienne, le travail du sol, la récolte des cultures, la manutention du grain, le pollen, l'épandage des engrais, l'application de produits chimiques et les activités d'élevage.

TABLE 18-2 Pourcentage de terres agricoles dans chaque catégorie d'intensité des émissions (TPS), 1981–2006

	(0–10 kg ha^{-1}an^{-1})						(10–20 kg ha^{-1}an^{-1})												(40–80 kg ha^{-1}an^{-1})						(>80 kg ha^{-1}an^{-1})					
	1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006							1981	1986	1991	1996	2001	2006	1981	1986	1991	1996	2001	2006
BC	86,0	87,9	92,0	91,4	91,5	92,7	10,0	10,3	6,5	7,1	4,4	4,2	3,7	1,8	1,2	1,3	2,0	1,5	0,2	0,0	0,3	0,2	2,1	1,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
AB	9,8	10,5	11,0	12,2	16,0	17,4	10,6	11,3	11,7	13,0	27,3	44,0	25,5	30,7	34,1	41,8	42,5	30,1	44,9	42,0	38,7	29,9	12,9	7,1	9,2	5,5	4,4	3,2	1,4	1,4
SK	1,8	2,0	2,1	2,3	2,3	2,6	2,2	2,4	2,5	2,9	2,5	11,7	9,1	11,0	11,8	14,9	49,2	53,7	48,2	54,9	63,9	64,8	41,4	31,1	38,7	29,7	19,7	15,0	4,5	0,9
MB	11,4	12,5	14,3	15,0	10,9	10,5	11,1	11,6	11,1	10,5	11,1	23,6	14,6	16,9	17,2	21,9	67,5	60,6	58,8	57,5	55,6	52,1	10,5	5,3	4,1	1,5	1,7	0,6	0,0	0,0
ON	23,6	24,8	28,9	30,2	16,2	22,7	20,8	22,7	21,7	19,4	21,9	19,1	29,6	31,1	32,5	37,9	53,8	57,0	26,0	21,4	16,9	12,5	8,1	1,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
QC	61,6	59,0	54,4	51,1	34,6	36,5	17,6	18,6	21,5	23,0	20,9	20,8	20,4	20,5	22,8	21,7	25,7	28,7	0,3	1,9	1,3	4,3	18,9	14,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NB	83,0	82,3	83,0	83,1	65,5	65,9	17,0	17,7	17,0	16,9	27,7	31,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6,8	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NS	88,2	89,9	88,4	91,4	87,9	89,7	7,7	7,7	8,8	5,8	7,8	6,8	4,1	2,4	2,8	2,8	3,9	3,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
PE	28,0	28,9	35,5	24,1	0,0	0,0	37,0	36,2	34,2	41,1	77,4	100,0	35,0	34,9	30,2	34,8	22,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
CANADA	**13,2**	**13,2**	**13,7**	**14,5**	**13,5**	**15,0**	**8,4**	**8,9**	**8,9**	**9,3**	**14,0**	**24,4**	**16,8**	**19,5**	**21,1**	**25,8**	**46,6**	**43,7**	**42,4**	**44,2**	**46,5**	**43,2**	**23,6**	**16,2**	**19,2**	**14,2**	**9,8**	**7,2**	**2,3**	**0,8**

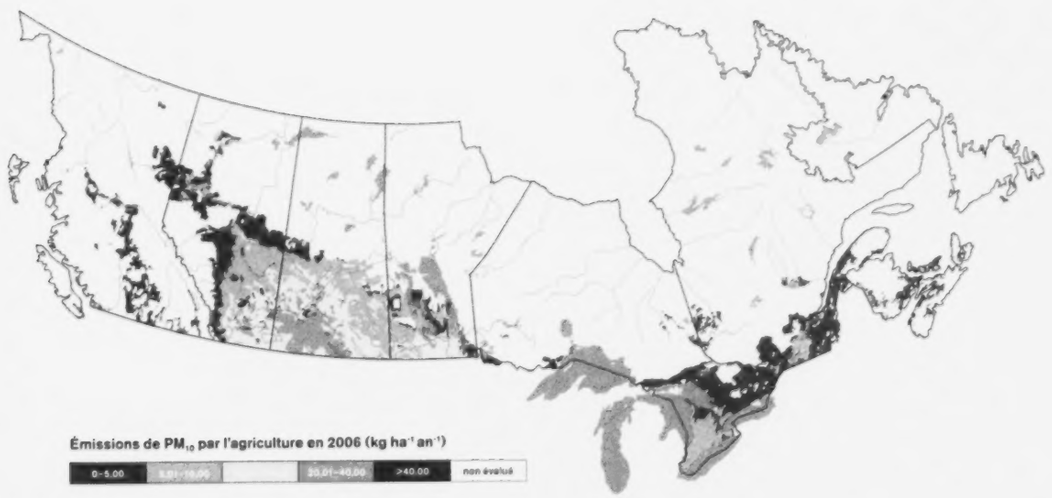


FIGURE 18-3 Distribution des émissions par province en 2006 pour les PM_{10}

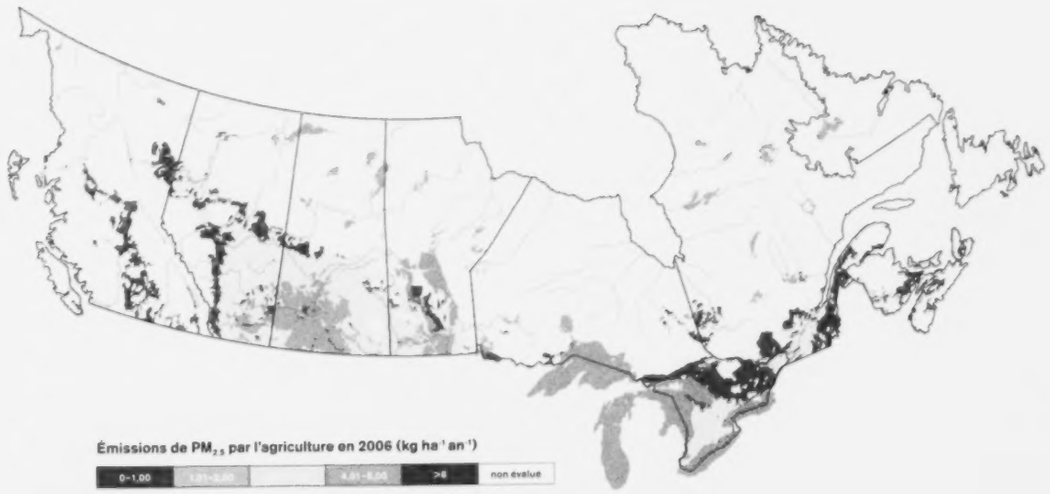


FIGURE 18-4 Distribution des émissions par secteur agricole en 2006 pour les $PM_{2.5}$

On peut notamment réduire les émissions en favorisant les cultures couvre-sol et en réduisant la superficie en jachère.

de produits chimiques, les activités d'élevage et l'incinération des animaux (figure 18-1).

L'IEPA recueille des données sur les activités pour chaque source agricole de particules puis applique un facteur d'émission correspondant pour estimer le total des émissions de particules. Par exemple, on calcule les émissions de particules primaires provenant de la récolte en multipliant le facteur d'émission (kg de particules par hectare de type de culture et par année) par la superficie cultivée. La plupart des données sur les activités sont tirées du Recensement de l'agriculture et de l'Enquête sur la gestion agroenvironnementale (EGA). On a calculé les émissions de particules pour chaque année de recensement au niveau du polygone des Pédo-paysages du Canada (PPC), puis additionné les émissions pour chaque polygone afin d'évaluer les émissions à l'échelle provinciale et nationale. La gamme d'émissions a été divisée en cinq catégories d'intensité afin de faire ressortir les changements survenus à l'intérieur d'un PPC donné entre 1981 et 2006 ainsi que les différences entre les PPC sur une base annuelle. Les catégories d'intensité associées à chaque polygone des PPC constituent un indicateur de sa contribution aux émissions, mais ne sont pas directement liées à la qualité de l'air régional. La qualité de l'air locale et régionale est influencée par de nombreux facteurs environnementaux qui contrôlent en définitive la dispersion et la distribution des particules par rapport à la source originale. Par ailleurs, les variations temporelles des émissions provenant de la plupart des sources agricoles ne sont pas évidentes lorsque les résultats sont présentés sur une base annuelle.

Limites

Pour fournir une estimation globale des émissions de particules primaires, l'indicateur prend en compte le plus grand nombre possible d'activités agricoles contribuant aux émissions. La principale limite de cette approche réside dans la qualité des données sur les activités et les facteurs d'émission correspondants. Dans la mesure du possible, les données manquantes sur les activités – notamment en ce qui concerne certains aspects de la manutention des grains – ont été estimées sur la base de l'opinion des experts ou obtenus auprès d'autres organismes gouvernementaux (p. ex. les particules résultant de l'épandage de pesticides chimiques. De nombreux facteurs d'émission n'ayant pas été calculés pour l'agriculture canadienne, il a fallu utiliser les facteurs retenus dans des études réalisées aux États-Unis, où les conditions ne sont pas nécessairement les mêmes qu'au Canada.

L'indicateur met l'accent sur les particules primaires générées par les activités agricoles. Cependant, il faut aussi tenir compte des particules secondaires pour évaluer la contribution totale de l'agriculture aux émissions de particules. Ceci dépasse toutefois la portée de l'IEPA.

Résultats et interprétation

Entre 1981 et 2006, les émissions d'origine agricole au Canada ont baissé de 48 p. 100 pour le TPS, 40 p. 100 pour les PM_{10} et 47 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). En 2006, les émissions d'origine agricole totalisaient 1 637 kilotonnes (kt), dont 653 kt de PM_{10} et 158 kt de $PM_{2,5}$.

Les émissions totales de particules, de PM_{10} et de $PM_{2,5}$ au Canada en 2006 (figures 18-2, 18-3 et 18-4, tableau 18-2) provenaient surtout des provinces des Prairies, car c'est dans cette région qu'on trouve la plus forte proportion de terres agricoles au Canada. Quelques zones clés de l'Ontario et du Québec apportent elles aussi une contribution importante aux émissions (figures 18-2, 18-3 et 18-4). L'étendue limitée de l'agriculture et le peu d'information disponible ont rendu impossible le calcul des émissions pour Terre-Neuve-et-Labrador.

La réduction des émissions survenue entre 1981 et 2006 reflète surtout les changements apportés aux pratiques d'utilisation et de gestion des terres. Bien que l'érosion éolienne, la préparation des terres et la récolte soient les principaux facteurs contribuant aux émissions (figure 18-5), la baisse globale des émissions était surtout attribuable à la transition aux pratiques de conservation du sol et sans travail du sol et à la réduction de la superficie en jachère. Ces changements ont plus que compensé les émissions liées à l'augmentation des populations animales, des quantités d'engrais utilisées et de la superficie cultivée.

Mesures d'intervention possibles

Il existe de nombreuses façons d'atténuer les émissions d'origine agricole en améliorant les pratiques d'utilisation des terres. Les pratiques d'atténuation qui s'avéreront utiles dépendent toutefois du type d'activité agricole. On peut notamment réduire les émissions en favorisant les cultures couvre-sol et en réduisant la superficie en jachère.

Les particules primaires provenant de l'élevage sont générées par les animaux abrités dans des granges ou des bâtiments d'élevage. On peut réduire les émissions en modifiant l'environnement de production, p. ex. en réduisant la période de claustration des animaux (ou en augmentant le temps de pâturage), en ramassant plus fréquemment la litière et le fumier, en installant des systèmes de dépoussiérage ou de ventilation à air filtré et en utilisant un pulvérisateur d'eau ou d'huile pour réduire la poussière.

Le vent qui souffle sur les terres agricoles exposées est cause d'érosion et produit des émissions. Une plus grande couverture

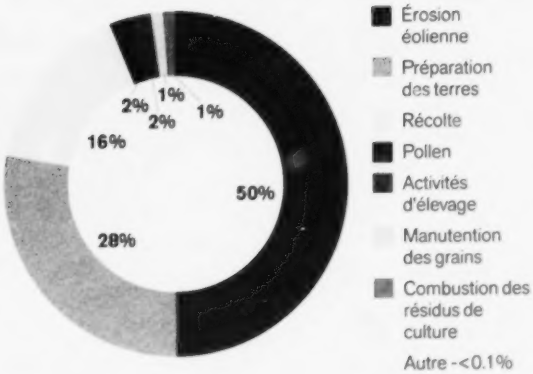


FIGURE 18-5 Contribution de l'agriculture aux émissions de particules (TPS)

du sol peut réduire sensiblement les émissions issues de l'érosion éolienne. Les principales pratiques utilisées pour accroître la couverture du sol comprennent la réduction ou l'élimination du travail du sol, la diminution de la superficie en jachère, l'expansion des terres de pâturage permanent, l'inclusion de fourrages dans les rotations, la culture de plantes couvre-sol d'hiver, la culture en bandes alternantes, la culture en courbes de niveau et l'aménagement de brise-vent.

Les émissions atmosphériques générées durant le travail du sol sont produites par les opérations mécaniques de préparation du sol. Ces émissions dépendent de la superficie labourée, du type de matériel employé (p. ex. une charrue) et du nombre d'opérations de labour réalisées durant l'année. La réduction ou l'élimination du travail du sol aide à réduire les émissions. Par ailleurs, bien que la lutte chimique contre les mauvaises herbes sur les terres en jachère puisse atténuer les émissions en réduisant le nombre d'activités de labour entreprises au cours d'une année donnée, elle peut aussi favoriser un plus grand déplacement des particules.

Les émissions découlant des activités de récolte sont produites lorsque les moissonneuses-batteuses et les véhicules sillonnent les champs. Ces émissions varient selon le type de culture. Il y a toutefois peu de pratiques particulières qui peuvent aider à réduire les émissions liées à la récolte. On peut toutefois atténuer celles-ci en récoltant lorsque l'humidité relative est élevée et que le vent est faible. Certaines techniques de lutte contre l'érosion éolienne, comme l'aménagement de terrasses et la culture en courbes de niveau ou en bandes alternantes, aident à réduire le transport par le vent des fragments de culture. La réduction ou l'élimination du travail du sol et la gestion des résidus de culture constituent d'autres moyens de faire baisser les émissions provenant des véhicules utilisés dans les champs.

Les émissions liées à l'épandage des engrais sont générées lorsqu'il vente ou durant les activités de préparation des terres. La meilleure façon de contrôler les émissions résultant de l'épandage d'engrais consiste à optimiser la gestion des éléments nutritifs, notamment en choisissant le meilleur moment et le meilleur emplacement pour l'épandage des engrais et en adaptant les apports en éléments nutritifs aux besoins des cultures.

L'application de produits agrochimiques aux terres cultivées est une pratique répandue chez les agriculteurs canadiens. Cette pratique aide beaucoup à accroître la productivité, mais la dérive possible des produits chimiques risque de contribuer aux émissions. Les produits agrochimiques produiraient actuellement très peu d'émissions par rapport à d'autres sources agricoles. On peut néanmoins atténuer ces émissions en appliquant les produits seulement par temps calme et frais, en choisissant des buses de conception appropriée, en réduisant la vitesse de pulvérisation et la hauteur de la rampe, et en laissant une zone tampon non traitée à côté des aires sensibles non cultivées.

Des recherches plus approfondies sur les émissions d'origine agricole et les facteurs d'émission adaptées aux conditions canadiennes pourraient permettre d'améliorer l'Indicateur des émissions de particules par l'agriculture (IEPA) et contribuer au développement de modèles d'émissions. Les améliorations futures pourraient inclure l'intégration des particules secondaires à l'IEPA, ce qui nécessiterait des recherches additionnelles et devrait se faire en collaboration avec des experts en modélisation atmosphérique.

Références

Becker, S. et J.M. Soukup. (1999). Exposure to urban air particulates alters the macrophage-mediated inflammatory response to respiratory viral infection. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A,* 57 445-457.

Centre canadien d'hygiène et de sécurité au travail, 1999, *Réponses SST : Poumon de fermier.* Consulté le 23 octobre 2008 sur http://www.cchst.ca/oshanswers/diseases/farmers_lung.html

Cormier, Y. (2007). Respiratory health and farming: An essay. *Canadian Respiratory Journal, 14 419-422.*

Donham, K.J., et Thelin, A. (2006). *Agricultural medicine: Occupational and environmental health for the health professions.* Victoria, Australie, Blackwell.

Edwards, G.C. et Bradley, T.E. (2004). *A scoping study of particulate matter emissions from agriculture.* Rapport à Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Environnement Canada. (2008). *Principaux contaminants atmosphériques : sommaires des émissions atmosphériques 2006.* Consulté le 11 septembre 2008 sur http://www.ec.gc.ca/pdb/cac/Emissions1990-2015/emissions_f.cfm

Hanigan, I.C. et Johnston, F.H. (2007). Respiratory hospital admissions were associated with ambient airborne pollen in Darwin, Australia. *Clinical and Experimental Allergy, 37* 1556-1565.

Hiscox, A.L., Miller, D.R., Holmen, B.A., Yang, W.L. et Wang, J.M. (2008). Near-field dust exposure from cotton field tilling and harvesting. *Journal of Environmental Quality, 37* 551-556.

Samet, J. et Krewski, D. (2007). Health effects associated with exposure to ambient air pollution. *Journal of Toxicology and Environmental Health, 70* 227-242.

Saxton, K.E. (1996). Agricultural wind erosion and air quality impacts: A comprehensive research program. *American Journal of Alternative Agriculture, 11* 64-70.

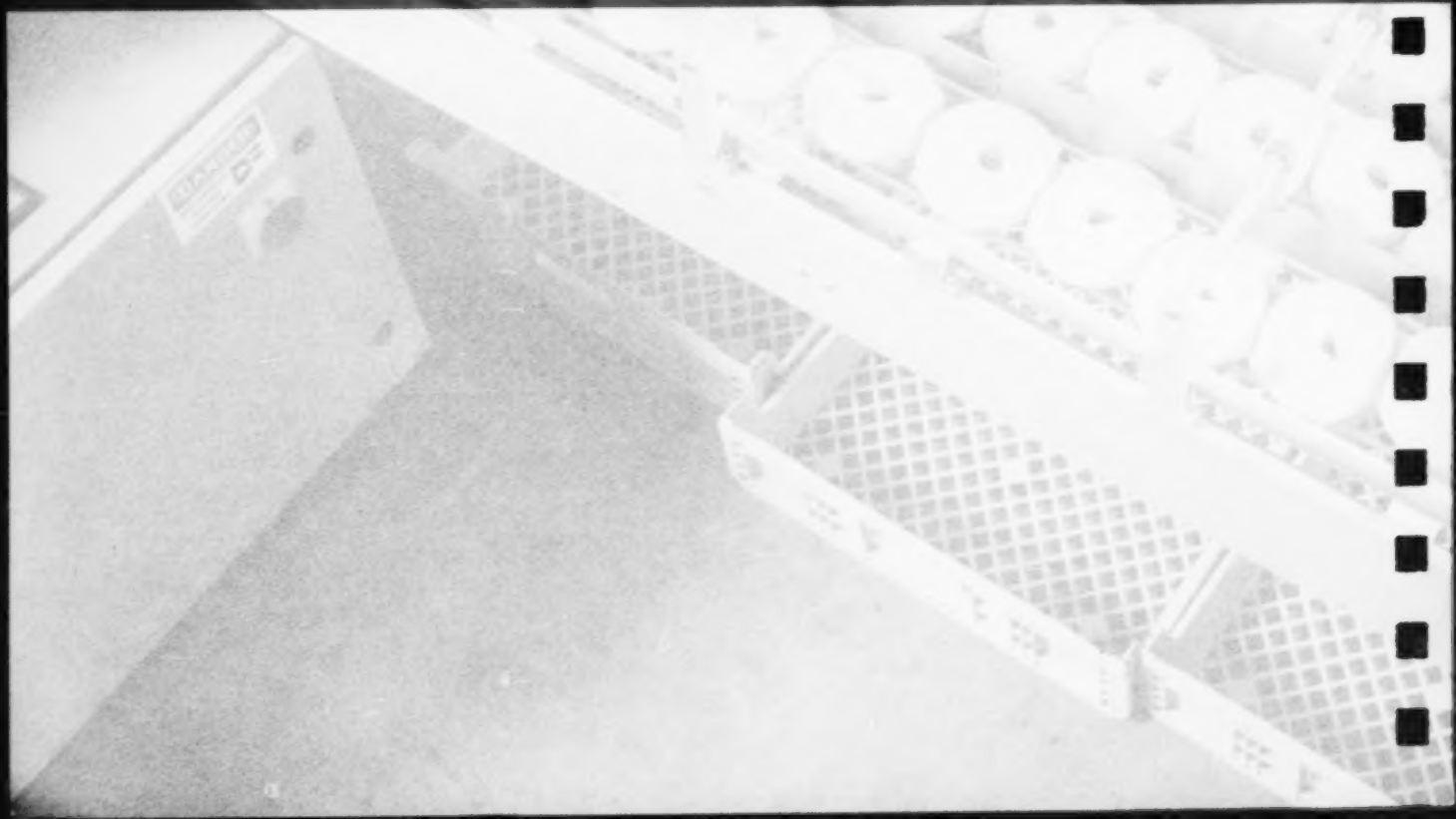
United States Environmental Protection Agency, (2004) *Air Quality Criteria for Particulate Matter*. Washington, DC, Environmental Protection Agency, EPA 600/P-99/002aF-bF.

van Hout, R., Chamecki, M., Brush, G., Katz, J. et Parlange, M.B. (2008). The influence of local meteorological conditions on the circadian rhythm of corn (Zea mays L.) pollen emission. *Agricultural and Forest Meteorology, 148* 1078-1092. 1

Wu, C.F., Jimenez, J., Claiborn, C., Gould, T., Si001mpson, C.D., Larson T. et coll. (2006). Agricultural burning smoke in Eastern Washington: Part II. Exposure assessment. *Atmospheric Environment, 40* 5379-5392.

L'industrie des aliments et des boissons

19 Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre
20 Utilisation de l'eau
21 Emballages



L'industrie des aliments et des boissons

19 Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre
20 Utilisation de l'eau
21 Emballages

L'industrie des aliments et des boissons (IAB)

Sommaire

L'industrie canadienne des aliments et des boissons (IAB) comprend quelque 6 700 établissements qui transforment des denrées agricoles brutes ou des produits alimentaires et boissons semi-préparés en une variété de produits alimentaires et boissons prêts à la consommation (figure F-1). L'IAB représente 2 p. 100 du produit intérieur brut et fournit environ 78 p. 100 de tous les aliments et boissons transformés disponibles au Canada.

L'industrie utilise des ressources considérables pour fabriquer une vaste gamme de produits hautement diversifiés destinés à être consommés ou à servir d'ingrédients pour d'autres aliments et boissons. Dans bien des cas, les établissements et les produits de transformation sont étroitement liés aux caractéristiques de la production agricole régionale, tandis que les technologies utilisées dépendent dans une grande mesure de l'échelle de production.

Cinq indicateurs ont été mis au point afin d'évaluer l'efficience de l'utilisation par l'IAB d'eau, d'énergie et de matériaux d'emballage par valeur de la production vendue. Ces indicateurs peuvent servir à évaluer la performance environnementale de l'IAB et à repérer les améliorations possibles.

Pour assurer l'uniformité dans les différents secteurs de l'industrie alimentaire et établir des comparaisons régionales valables à l'aide des indicateurs, les secteurs de l'IAB ont été regroupés en fonction de caractéristiques communes telles que le secteur d'activité, la région et le nombre d'employés des entreprises. Ces caractéristiques sont définies au Tableau F-1.

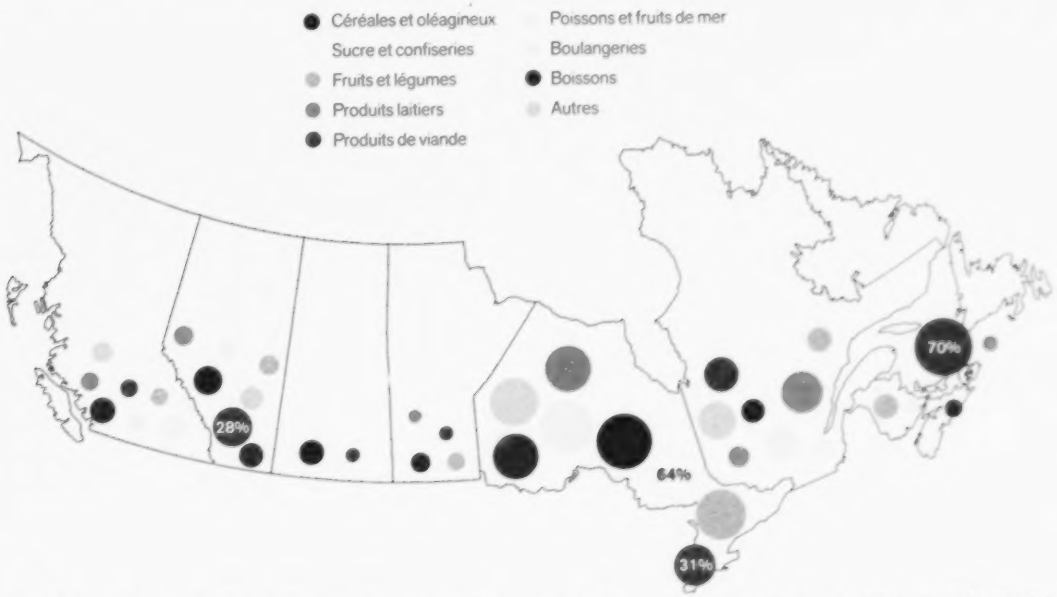


FIGURE F-1 Contribution relative de chaque province à la production canadienne par secteur de fabrication de produits alimentaires et de boissons, 2002

Pour évaluer l'efficience environnementale de l'industrie des aliments et des boissons (IAB), il a été décidé d'élaborer cinq indicateurs agroenvironnementaux :

- L'indicateur d'intensité de consommation d'énergie (IICE) mesure la quantité d'énergie utilisée par dollar de produits manufacturés (MJ/$) (chapitre 19).
- L'indicateur d'intensité des émissions de gaz à effet de serre (IIEGES) mesure les émissions de GES, exprimées en équivalent CO_2, par dollar de produits manufacturés (kg CO_2e/$) (chapitre 19).
- L'indicateur d'intensité du prélèvement d'eau (IIPE) et l'indicateur d'intensité d'évacuation d'eau (IIEE) mesurent la quantité totale d'eau qui entre dans une usine (IPE) et qui en sort sous forme d'eaux usées (IEE) par valeur de production vendue, exprimée en litres par dollar de produits vendus (L/$) (chapitre 20).
- L'indicateur d'intensité d'utilisation des emballages (IIUE) mesure les achats annuels de matériaux d'emballage par dollar de production pour différents secteurs de l'IAB (chapitre 21).

À l'heure actuelle, l'IICE, l'IIEGES et l'IIUE ont été calculés en fonction des données disponibles en 2002, tandis que l'IIPE et l'IIEE l'ont été pour l'année repère 2005. Il est donc impossible d'analyser les tendances. Il sera toutefois possible de le faire dans les années à venir.

TABLEAU F-1 Groupements végétaux pour l'établissement des rapports sur les indicateurs

Nom abrégé du secteur et du sous-secteur	Définition du secteur et du sous-secteur d'activité
Céréales et oléagineux	**Mouture de céréales et d'oléagineux**
▸ Farine	▸ Minoterie
▸ Malt	▸ Usinage du riz et malterie
▸ Oléagineux	▸ Transformation d'oléagineux
▸ Petit déjeuner	▸ Fabrication de céréales de petit déjeuner
Sucre et confiseries	**Fabrication de sucre et de confiseries**
▸ Sucre	▸ Fabrication du sucre
▸ Confiseries au cacao	▸ Fabrication de chocolat et de confiseries à partir de fèves de cacao
▸ Confiseries au chocolat	▸ Fabrication de confiseries à partir de chocolat acheté
▸ Bonbons	▸ Fabrication de confiseries non chocolatées
Fruits et légumes	**Mise en conserve de fruits et de légumes**
▸ Fruits et légumes congelés	▸ Fabrication d'aliments congelés
▸ Autres fruits et légumes	▸ Mise en conserve, marinage et séchage de fruits et de légumes
Produits laitiers	**Fabrication de produits laitiers**
▸ Lait	▸ Fabrication du lait de consommation
▸ Autres produits laitiers	▸ Fabrication de beurre, de fromage et de produits laitiers secs et concentrés
▸ Crème glacée	▸ Fabrication de crème glacée et de desserts congelés
Viande	**Fabrication de produits de viande**
▸ Abattage d'animaux à viande rouge	▸ Abattage d'animaux, sauf les volailles
▸ Viande rouge	▸ Fonte des graisses animales et transformation de la viande provenant de carcasses
▸ Volaille	▸ Transformation de la volaille
Poissons et fruits de mer	**Préparation et conditionnement de poissons et de fruits de mer**
Boulangeries	**Boulangeries et fabrication de tortillas**
▸ Boulangeries de détail	▸ Boulangeries de détail
▸ Boulangeries commerciales	▸ Boulangeries commerciales et fabrication de produits de boulangerie congelés
▸ Biscuits	▸ Fabrication de biscuits et de craquelins
▸ Mélanges de farine	▸ Fabrication de mélanges de farine et de pâte à partir de farine achetée
▸ Pâtes	▸ Fabrication de pâtes alimentaires sèches
Boissons	**Fabrication de boissons**
▸ Boissons gazeuses	▸ Fabrication de boissons gazeuses et de glace
▸ Brasseries	▸ Brasseries
▸ Vineries	▸ Vineries
▸ Distilleries	▸ Distilleries

Nom abrégé de la région	Définition de la région
Toutes	**Canada**
▸ C.-B.	▸ Colombie-Britannique
▸ Pr.	▸ Alberta, Saskatchewan, Manitoba
▸ Ont.	▸ Ontario
▸ Qc	▸ Québec
▸ Atl.	▸ Nouveau-Brunswick, Île-du-Prince-Édouard, Nouvelle-Écosse, Terre-Neuve-et-Labrador

Nom abrégé de la taille	Taille des établissements
Toutes	**Toutes tailles**
▸ Petites	▸ Jusqu'à 49 employés
▸ Moyennes	▸ Entre 50 et 99 employés
▸ Grandes	▸ Entre 100 et 199 employés
▸ Très grandes	▸ 200 employés ou plus

19 Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre

AUTEURS
D. Maxime, Y. Arcand, D. Landry et M. Marcotte

NOMS DES INDICATEURS
Intensité de la consommation d'énergie (ICE) et intensité des émissions de gaz à effet de serre (IEGES)

PORTÉE
Échelle nationale pour 2002

Sommaire

L'industrie des aliments et des boissons (IAB) a besoin d'une grande quantité d'énergie pour transformer des matières agricoles brutes en produits alimentaires et boissons semi-préparés et prêts à la consommation et elle contribue aux émissions de gaz à effet de serre (GES). En 2002, l'IAB canadienne consommait environ 4 p. 100 de l'énergie utilisée par tous les secteurs manufacturiers canadiens. Les émissions de GES dans l'IAB proviennent de la combustion des combustibles fossiles, des hydrofluorocarbures (HFC) présents dans les unités de réfrigération et de congélation, et peut-être aussi du méthane (CH_4) libéré lors du traitement des eaux usées. Les indicateurs d'intensité de la consommation d'énergie (ICE) et d'intensité des émissions de gaz à effet de serre (IEGES) estiment la quantité directe d'énergie consommée et de GES émis par dollar de biens manufacturés produits pour l'IAB en 2002.

L'ICE révèle que le secteur des céréales et oléagineux et le secteur du sucre et des confiseries figurent parmi les plus grands utilisateurs d'énergie, particulièrement les sous-secteurs de l'usinage du riz et de la malterie, de la transformation des oléagineux et de la fabrication du sucre. Il en va de même pour les distilleries dans le secteur des boissons. Les secteurs qui utilisent le moins d'énergie sont ceux des produits de la mer, des produits de viande et des produits laitiers.

Il y a généralement une corrélation entre l'IEGES et la consommation d'énergie. Il existe toutefois des différences régionales dans le type d'énergie utilisée, qui influence les émissions de GES. Par exemple, dans les provinces de l'Atlantique, le réseau de distribution d'électricité est plus tributaire du mazout lourd et d'autres formes d'énergie à base de pétrole qui émettent de grandes quantités de GES, tandis que celui de la Colombie-Britannique dépend surtout de sources d'énergie plus propres comme le gaz naturel. Enfin, les indicateurs ne montraient pas de lien cohérent entre la taille de l'établissement et l'efficience énergétique ou les émissions de GES.

L'enjeu

L'IAB canadienne consomme une quantité importante d'énergie pour produire des produits alimentaires et boissons semi-préparés et prêts à la consommation. L'énergie consommée peut être directe ou indirecte : l'énergie directe est générée sur place, tandis que l'énergie indirecte est produite ailleurs puis convertie et transportée jusqu'au site, par exemple lorsqu'un établissement utilise un four électrique alimenté par une centrale thermique au charbon. Lorsque cette énergie est fournie par des combustibles fossiles, comme le gaz naturel et le charbon, des GES sont émis.

Comme le montre le Tableau 19-1, l'IAB canadienne a consommé environ 100 700 térajoules (TJ) ou millions de mégajoules en 2002. Ce chiffre correspondait à environ 4 p. 100 de l'énergie consommée par tous les secteurs manufacturiers canadiens. Le Tableau 19-1 compare aussi l'énergie utilisée par l'IAB, par d'autres secteurs manufacturiers et par l'agriculture de même que l'apport énergétique net total à l'échelle du Canada.

TABLEAU 19-1 Consommation d'énergie et émissions de GES des industries manufacturières, de l'agriculture et du Canada dans son ensemble, 2002

	Consommation d'énergie		Émissions de GES	
	térajoules	%††	milliers de tonnes d'équivalents CO_2	%††
Fabrication de produits alimentaires*	88 765	3,5	3 477	3,3
Fabrication de boissons*	11 975	0,5	517	0,5
Total – fabrication de produits alimentaires et de boissons (IAB)*	100 740	4	3 994	3,8
Fabrication de pâtes et papier*	830 779	33	9 888	9,5
Total – industries manufacturières*	2 515 928	100	103 911	100
Agriculture**	205 655	–	52 000	–
Canada**,†	9 669 768	–	720 000	–

* Les données sur la consommation d'énergie et les émissions de GES des industries manufacturières proviennent du CIEEDAC (2008).
** Les données sur la consommation d'énergie proviennent de Statistique Canada (2003, 2007) et celles sur les émissions de GES, du Rapport d'inventaire national des gaz à effet de serre d'Environnement Canada. Les émissions de GES d'origine agricole ne comprennent pas les émissions dues à la combustion de combustibles fossiles, qui ne représentent qu'un faible pourcentage des émissions totales d'origine agricole.
† L'énergie consommee au Canada correspond à l'apport énergétique net total à l'échelle du pays.
†† Comme les sources de données et les méthodes comptables varient, il n'est pas recommandé de faire des comparaisons précises entre les données sur les industries manufacturières et les autres données, lesquelles sont présentées uniquement à titre d'information. Les données du CIEEDAC sont considérées comme plus complètes et comprennent la consommation d'énergie et les émissions de GES provenant des déchets, de la biomasse, etc., qui peuvent avoir une influence notable sur l'énergie totale utilisée dans certains secteurs manufacturiers.

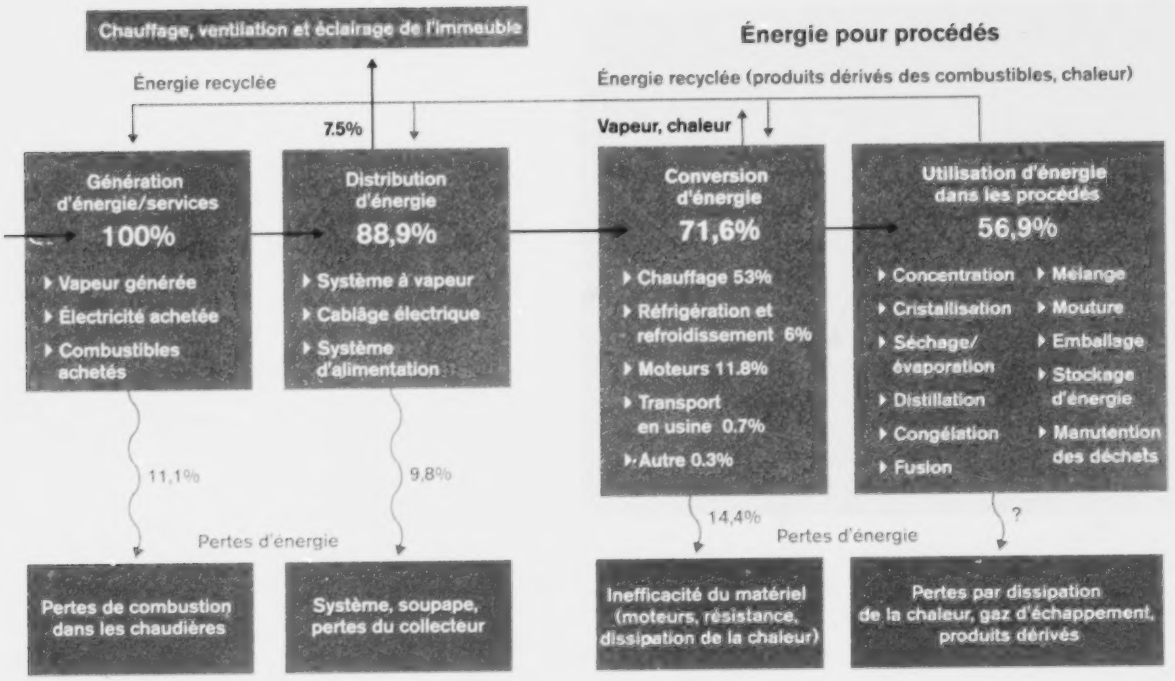


FIGURE 19-1 Diagramme des flux d'énergie typiques dans une usine de produits alimentaires

Source: adapté d'un document du U.S. Department of Energy, 2004

L'énergie représente une importante partie des coûts de production de l'IAB et vient généralement en troisième place, après les matières brutes et les coûts de main-d'œuvre. On estime que 40 p. 100 de la valeur des aliments transformés est ajoutée par la fabrication à forte consommation d'énergie (U.S. Environmental Protection Agency, 2007), comme les systèmes de chauffage et de refroidissement. L'IAB est donc sensible aux hausses de prix de l'énergie, d'autant plus que ses marges bénéficiaires sont généralement faibles. La plus grande partie de la demande d'énergie sert à préserver la salubrité des aliments. Le principal moyen de garantir la durabilité de l'industrie alimentaire consiste donc à accroître l'efficacité énergétique, au lieu de se contenter de réduire la consommation d'énergie. La Figure 19-1 montre les utilisations typiques d'énergie dans une usine de l'IAB.

Il existe différentes sources d'énergie, dont la plupart ne sont pas renouvelables, comme les combustibles fossiles et l'électricité provenant du charbon, de combustibles lourds ou de centrales nucléaires. En 2002, environ les deux tiers des besoins en énergie de l'IAB étaient satisfaits par le gaz naturel et plus de 20 p. 100, par l'électricité (CIEEDAC, 2008). Outre les problèmes associés à la hausse des coûts des combustibles fossiles et les enjeux environnementaux liés à leur extraction et leur raffinage, la combustion des combustibles fossiles génère des GES, comme le dioxyde de carbone (CO_2) et l'oxyde nitreux (N_2O), qui contribuent au changement du climat mondial.

Il y a trois grandes sources d'émissions directes — sur place — de GES dans l'IAB. Premièrement, la combustion des combustibles fossiles dans les chaudières et les fours représente jusqu'à 90 p. 100 du total des émissions dans une usine qui dépend dans une grande mesure de ces types d'énergie, et elle émet du CO_2, du N_2O et d'autres particules dans l'atmosphère. Deuxièmement, les hydrofluorocarbures (HFC) sont utilisés dans des systèmes de réfrigération et de congélation qui connaissent parfois des fuites. Même si le volume de gaz qui s'échappe est faible, ces *réfrigérants*, dont le potentiel de réchauffement planétaire (PRP) est des centaines à des milliers de fois plus élevé que celui du CO_2, apportent une contribution notable aux émissions générées par les usines qui font beaucoup de traitement ou d'entreposage à froid (p. ex. aliments congelés, produits laitiers, produits de viande, produits de la mer). Troisièmement, le système de traitement des eaux usées d'une usine de digestion anaérobie émettra le CH_4 qui n'est pas capturé pour alimenter une chaudière. Le CH_4 capturé est transformé en CO_2. Le méthane possède un PRP de 21, ce qui signifie que 1 kg de CH_4 a le même effet que 21 kg de CO_2. De plus, la biomasse solide telle que les résidus des brasseries et distilleries et les déchets agricoles peut être mise en décharge contrôlée, compostée (sur place ou hors site) ou brûlée comme source d'énergie par certaines usines de l'IAB, différentes tactiques émettant différents niveaux de GES.

Les émissions des réfrigérants et des déchets organiques sont encore difficiles à estimer avec exactitude au niveau du secteur ou de l'IAB, car les seules statistiques fiables disponibles concernent les émissions de GES associées aux combustibles fossiles. Les sites de production de l'IAB ont généré 3 994 kilotonnes d'équivalents CO_2 en 2002 et 4 020 kilotonnes en 2005 (CIEEDAC, 2008), ce qui revient à 3,7 p. 100 du total des émissions industrielles canadiennes (Tableau 19-1).

La demande en énergie de l'IAB est censée croître avec la demande de produits de longue conservation, de repas individuels prêts à servir ou rapides à préparer et d'aliments frais à transformation minimale (p. ex. mini-carottes, qui subissent une certaine transformation mais qui sont considérées comme un produit frais). L'énergie constitue un défi particulièrement complexe pour l'IAB, car l'industrie doit maintenir la qualité et la salubrité des produits.

Les indicateurs

Les indicateurs d'ICE et d'IEGES évaluent l'efficacité énergétique et l'efficacité des émissions de GES subséquentes de l'IAB. L'ICE mesure la quantité d'énergie utilisée par dollar de biens produits (MJ/$), tandis que l'IEGES mesure les émissions de GES exprimées en équivalents CO_2 (éq CO_2) par dollar de biens produits (kg éq CO_2/$). Les indicateurs sont inversement proportionnels au rendement : plus l'intensité est élevée, plus l'efficacité énergétique et la performance environnementale connexe sont faibles.

Ces indicateurs peuvent servir à estimer l'impact environnemental de l'IAB associé à la consommation d'énergie (ICE) et aux émissions de GES (IEGES).

La quantité de chaque type d'énergie consommée par chaque établissement sur place (comme l'électricité, le gaz naturel, le mazout, le diesel, le combustible de soute et le bois) est calculée à partir des prix régionaux de l'énergie, puis convertie en unité d'énergie commune (mégajoule ou MJ) à l'aide des coefficients

Rapport IEGES/ICE

Pour compléter l'indicateur d'IEGES, on a calculé le rapport IEGES/ICE, qui correspond à la quantité de GES émise par MJ d'énergie consommée pour l'indicateur global dans chaque secteur (Tableau 19-2). Ce rapport peut être influencé par la propreté de l'énergie consommée dans un secteur et par les gains d'efficacité technologiques qui permettent de réduire la quantité de GES émis par unité d'énergie consommée. Les établissements peuvent améliorer leurs résultats en adoptant des procédés plus efficaces et des types d'énergie plus propres.

TABLEAU 19-2 Résultats sectoriels des GES émis par unité d'énergie consommée (g éq CO_2/MJ) au Canada, 2002

	IEGES/ICE (g éq CO_2/MJ)
Produits de boulangerie	36,7
Produits laitiers	37,6
Produits de viande	37,7
Produits de la mer	39,6
Céréales et oléagineux	40,8
Sucre et confiseries	42 5
Boissons	43,1
Fruits et légumes	45,0

Les résultats montrent ce qui suit :

- Aucun secteur ne diffère de la moyenne par plus de 10 p. 100, ce qui est plutôt étonnant étant donné que certains secteurs dépendent dans une grande mesure de procédés électriques tels que le refroidissement, la réfrigération et la congélation, qui émettent indirectement des GES et qui ne sont pas inclus dans l'indicateur. Ce rapport est toutefois calculé au niveau du secteur, et certains sous-secteurs pourraient neutraliser les gains réalisés par d'autres. Par exemple, le secteur de la fabrication de sucre et de confiseries est dominé par le sous-secteur des raffineries de sucre (Figure 19-3). De plus, le calcul est effectué à l'échelle nationale, et les sources d'énergie utilisées par les établissements de l'IAB varient beaucoup entre les différentes régions du Canada (Figure 19-4), ce qui a probablement une influence sur les résultats. Par exemple, le Québec, l'Ontario et l'Alberta détiennent chacun environ un tiers du secteur canadien des produits de viande et leurs indicateurs d'ICE et d'IEGES se ressemblent (Figure 19-5) bien qu'ils utilisent différentes sources d'énergie (Figure 19-4).

- Le secteur des produits de la mer, qui émet le moins de GES, n'utilise pas les types d'énergie les plus propres. On note des divergences régionales marquées dans le type de produit traité et les sources d'énergie disponibles.

- Le secteur des céréales et oléagineux, qui émet le plus de GES (et consomme le plus d'énergie), se classe au milieu pour le rapport IEGES/ICE. Ce phénomène est attribuable au fait qu'une grande partie de l'énergie est consommée par les sous-secteurs de la minoterie et des céréales de petit déjeuner sous forme d'électricité ou sous des formes d'énergie plus efficaces qui émettent moins de GES.

- Le secteur des boulangeries, grand consommateur d'énergie et émetteur de GES, affiche le plus faible rapport IEGES/ICE de l'IAB. L'énergie utilisée dans ce secteur sert surtout à la cuisson dans des fours au gaz ou à énergie combinée bien contrôlés, qui émettent moins de GES. Le secteur des boulangeries est un secteur plutôt sec qui utilise une petite quantité de vapeur. D'autres besoins en énergie de ce secteur sont satisfaits par l'électricité, qui ne génère pas d'émissions directes de GES sur place.

de conversion énergétique 2002 (Statistique Canada, 2004). On calcule également les émissions de GES (CO_2, CH_4 et N_2O) et d'équivalents CO_2 pour chaque forme d'énergie consommée sur place à partir des facteurs d'émissions de GES d'Environnement Canada (2004) et des potentiels de réchauffement planétaire (PRP) définis par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (1995).

Il y a deux façons de calculer les indicateurs d'ICE et d'IEGES pour chaque groupe :

- Une valeur d'indicateur globale pour le groupe, obtenue en calculant l'énergie utilisée par tous les établissements du groupe, puis en divisant le résultat par la valeur totale des ventes du groupe. Ce calcul donne une bonne idée du groupe dans son ensemble. Il ne permet toutefois pas de connaître la performance d'une usine donnée par rapport au groupe.

- Un indicateur médian pour le groupe. L'indicateur est calculé pour chaque établissement d'un groupe, puis classé par ordre croissant. La tranche de 40 p. 100 la plus faible est considérée comme ayant un rendement supérieur à la moyenne, la tranche de 40 p. 100 la plus élevée est considérée comme ayant un rendement inférieur à la moyenne et le reste des établissements, comme ayant un rendement moyen. Les valeurs minimale et maximale du groupe moyen correspondent à la fourchette médiane de l'indicateur, où se situerait une usine représentative du groupe.

Limites

les indicateurs sont calculés en fonction de la valeur plutôt que du volume de produit fabriqué comme prévu à l'origine (Marcotte et coll. 2005) étant donné la quantité limitée de données sur le volume disponibles dans la base de données de l'Enquête annuelle des manufactures (EAM) de Statistique Canada. Il est également impossible d'analyser les tendances pour le moment, car les seules données disponibles se rapportent à l'année repère (2002). Les indicateurs mesurent l'efficacité énergétique et l'intensité des émissions de GES, mais ils ne permettent pas encore d'évaluer l'impact direct de l'IAB sur l'environnement. En effet, l'indicateur d'IEGES est calculé à partir de l'énergie utilisée sur place, qui ne prend pas en compte l'énergie utilisée pour produire cette énergie et la transporter jusqu'à l'usine. Selon ces prémisses, la consommation d'électricité ne génère pas de GES (même si elle a été produite par une centrale au charbon), et il n'est pas tenu compte de l'énergie utilisée pour extraire le pétrole brut, le raffiner et transporter le combustible liquide jusqu'à l'usine. Enfin, les hydrofluorocarbures (HFC) n'ont pas été inclus dans les calculs parce qu'il n'y avait pas suffisamment de données disponibles.

Résultats et interprétation

ÉCHELLE NATIONALE

Intensité de la consommation d'énergie

La Figure 19-2 donne une vue d'ensemble des valeurs de l'indicateur d'ICE à l'échelle du Canada pour tous les secteurs déclarés, avec ou sans égard à la taille des établissements.

Lorsque la taille des établissements n'est pas prise en compte (Figure 19-2), l'indicateur de fourchette médiane révèle deux groupes distincts d'efficacité énergétique dans l'IAB. Une usine moyenne dans les secteurs du sucre et des confiseries, des produits laitiers, des produits de viande et des produits de la mer affiche une ICE d'environ 0,75 MJ/$, par rapport à 1,5 MJ/$ dans les secteurs des céréales et oléagineux, des fruits et légumes, des produits de boulangerie et tortillas et des boissons. Les valeurs plus élevées sont surtout attribuables aux opérations à forte consommation d'énergie telles que l'évaporation, la concentration, le séchage, la cuisson, la production de chaleur industrielle et la congélation dans le secteur des fruits et légumes. Les indicateurs globaux pour chaque secteur permettent de tirer des conclusions générales semblables à celles associées aux indicateurs de fourchette médiane.

Cependant, la comparaison entre les valeurs globales et médianes pour ces trois secteurs montre que l'intensité globale est beaucoup plus élevée que l'intensité médiane, particulièrement dans les secteurs du sucre et des confiseries (136 p. 100 de plus que la limite supérieure de la fourchette médiane) et des céréales et oléagineux (64 p. 100 de plus). Ceci indique que les établissements qui affichent le plus gros chiffre de ventes dans ces secteurs sont des usines à forte consommation d'énergie et que seuls quelques-uns d'entre eux influencent la performance du secteur dans son ensemble, car la fourchette médiane est beaucoup plus faible. Ce phénomène est probablement dû au fait que les grandes usines sont plus automatisées et qu'elles ont donc de plus grands besoins en énergie, ou qu'elles vendent une plus grande quantité de produits à meilleur prix. Un indicateur global situé bien au-dessus de la fourchette médiane signale que des gains d'efficacité énergétique sont possibles pour les grands établissements.

Caractéristiques sectorielles de l'ICE avec égard à la taille des établissements

La taille des établissements (telle que déterminée par le nombre d'employés – voir le tableau F-1 du Sommaire) est aussi prise en compte dans la figure 19-2. Dans le secteur des fruits et légumes, la fourchette médiane est semblable pour les usines de petite, de moyenne ou de grande taille, mais beaucoup plus élevée pour les établissements de très grande taille. Les indicateurs globaux pour chaque fourchette de tailles se situent dans les limites des valeurs médianes pour toutes les catégories sauf celle des établissements de taille moyenne, dont certains, au chiffre de ventes plus élevé, pourraient réaliser des gains d'efficacité. Des gains d'efficacité sont aussi possibles

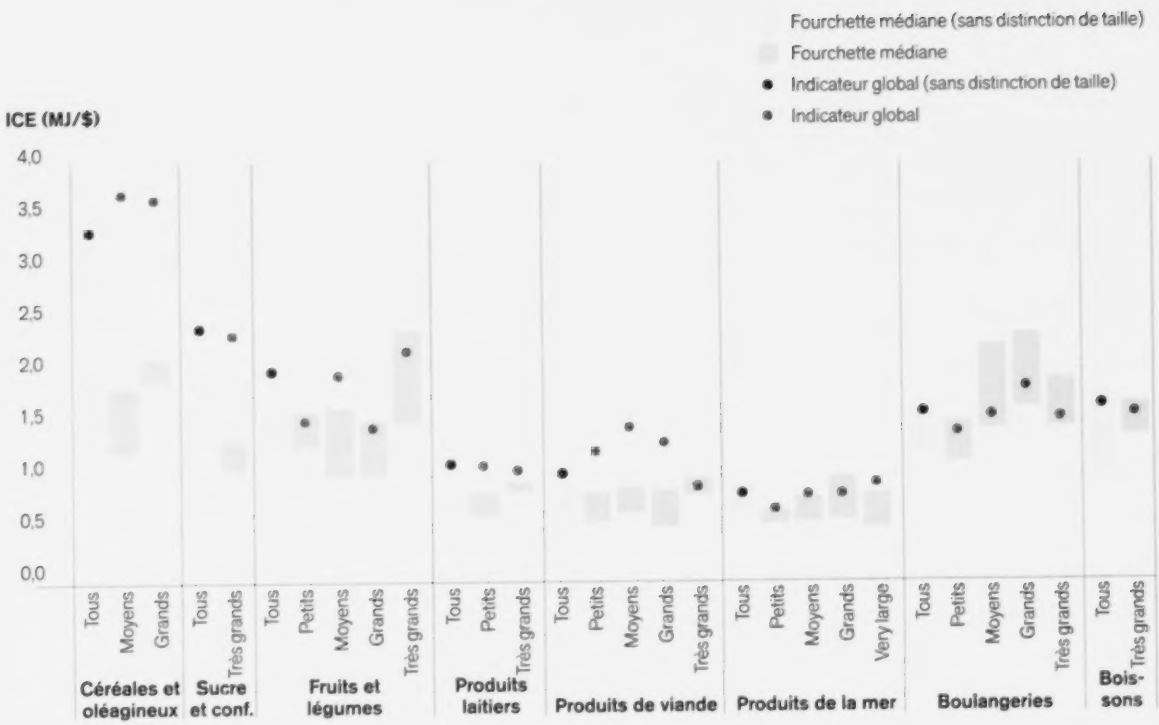


FIGURE 19-2 Intensité de la consommation d'énergie (ICE) en fonction du secteur d'activité et de la taille des établissements, Canada, 2002

dans la catégorie des établissements de *très grande* taille, qui permettraient à ceux-ci d'atteindre une intensité semblable à celle des autres catégories (entre 1,0 MJ/$ et 1,6 MJ/$).

Dans le secteur des produits de viande, la fourchette médiane, dont la valeur approche 0,75 MJ/$, ne semble pas être influencée par la taille de l'usine. Cependant, tous les établissements sauf les plus grands pourraient améliorer leur efficacité énergétique, car leurs valeurs globales sont sensiblement plus élevées que leurs fourchettes médianes respectives. La fourchette médiane du secteur des produits de la mer est aussi indépendante de la taille des établissements. Seule la catégorie des usines de *très grande* taille affiche un indicateur global supérieur à la fourchette médiane, ce qui indique que la plupart des établissements ont déjà atteint un niveau comparable d'efficacité énergétique, probablement parce qu'ils ont adopté des pratiques de gestion bénéfiques similaires. Dans les secteurs des produits laitiers, des céréales et oléagineux et du sucre et des confiseries, les résultats montrent que certaines usines pourraient améliorer leur efficacité dans toutes les catégories de taille.

Caractéristiques sous-sectorielles de l'ICE sans égard à la taille des établissements

Une étude de l'effet des sous-secteurs sur l'ICE a permis de tirer les conclusions suivantes :

- Dans le secteur des céréales et oléagineux[1], ce sont les sous-secteurs de la malterie et des oléagineux qui consomment le plus d'énergie, soit environ deux fois plus que les sous-secteurs de la minoterie et des céréales de petit déjeuner.
- Dans le secteur du sucre et des confiseries, les raffineries de sucre consomment le plus d'énergie, tandis que les sous-secteurs des confiseries à base de cacao et de chocolat affichent une ICE très faible (aussi faible que les usines typiques de produits laitiers, de produits de viande et de produits de la mer).
- Il y a peu de différences dans les secteurs des produits laitiers et des produits de viande.
- Dans le secteur des boulangeries, les établissements commerciaux et de détail consomment un peu plus d'énergie que les fabricants de biscuits et craquelins, de mélanges de farine et de pâte à partir de farine et de pâtes alimentaires sèches.
- Dans le secteur des boissons, les vineries et les distilleries se distinguent, les premières par leur faible consommation d'énergie et les secondes par leur très grande fourchette médiane, qui peut s'expliquer par le large éventail d'indicateurs applicables à une seule usine.

Intensité des émissions de gaz à effet de serre

La quantité totale de GES qu'une usine peut émettre dépend de la quantité et des types d'énergie consommée. Certains types d'énergie émettent moins de GES que d'autres. Par exemple, l'électricité consommée dans une usine ne génère pas d'émissions directes de GES et n'est pas prise en compte dans ces calculs, tandis que tous les combustibles fossiles émettent des GES directement à partir de l'usine, certains émettant moins

1 Les données sur deux autres sous-secteurs du secteur des céréales et oléagineux, soit la mouture humide du maïs (ou mouture du maïs) et le raffinage et mélange de graisses et d'huiles, ne peuvent pas être publiées parce qu'elles sont confidentielles.

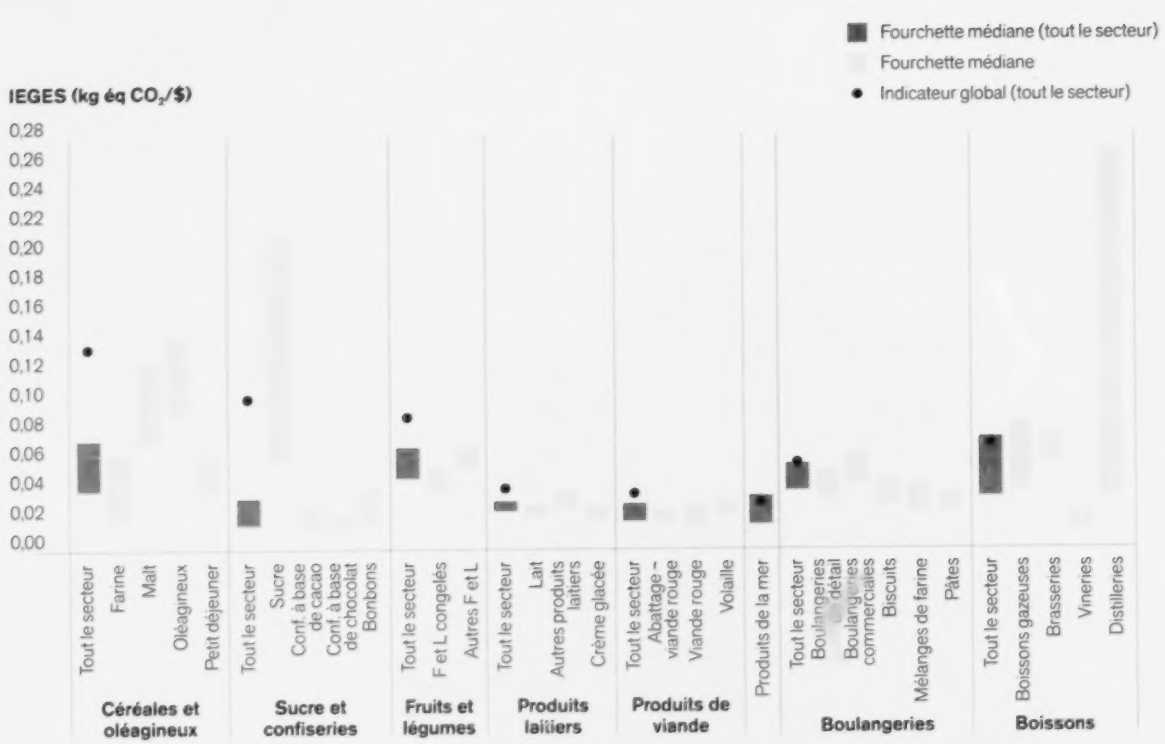


FIGURE 19-3 Intensité des émissions de gaz à effet de serre (IEGES) en fonction du secteur et du sous-secteur d'activité, Canada, 2002.

À noter qu'il n'y a pas de sous-secteur dans le secteur des produits de la mer.

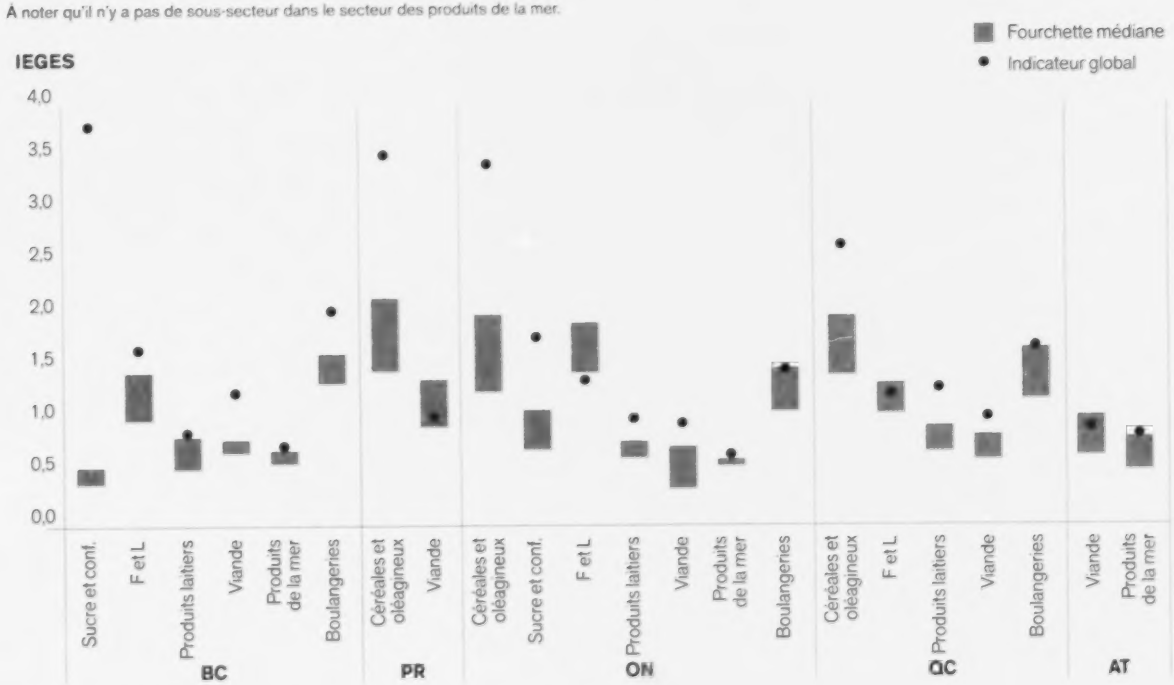


FIGURE 19-4 Intensité de la consommation d'énergie (ICE) en fonction des régions et du secteur d'activité, 2002.

Nota : Les données sur certains secteurs ne peuvent pas être publiées en vertu de la Loi sur la statistique

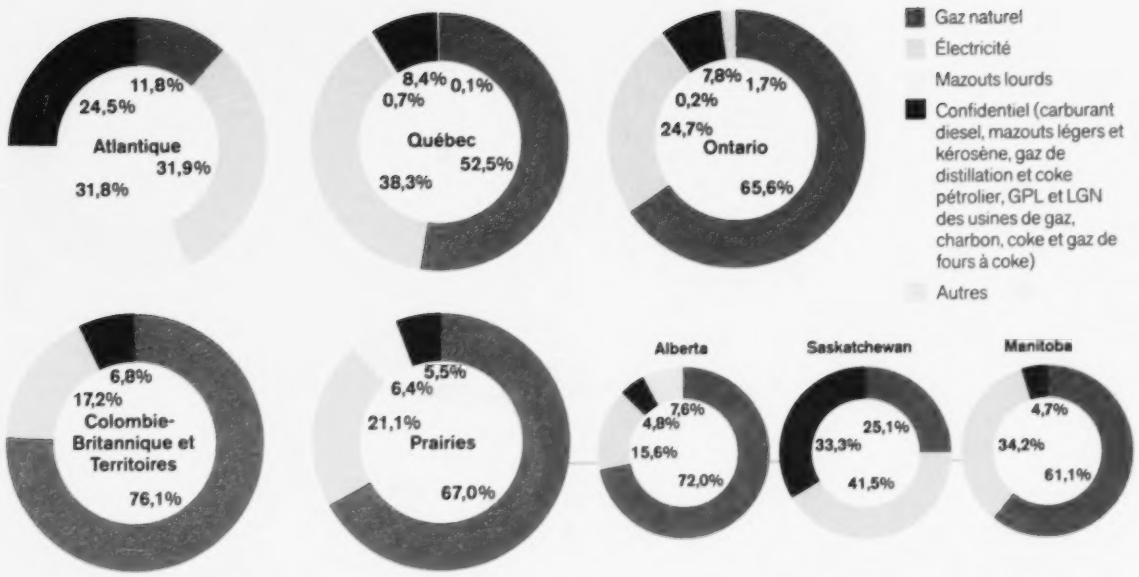


FIGURE 19-5 Part régionale et provinciale des sources d'énergie utilisées en 2002 par les industries manufacturières de la catégorie « Autres activités de fabrication »

Source: Ressources naturelles Canada, 2007
La catégorie « Autres activités de fabrication » comprend la fabrication de véhicules automobiles, de textiles, de produits alimentaires, de boissons et de produits du tabac. Cette catégorie est celle qui offre le plus de détails provinciaux.

de GES que d'autres pour produire la même quantité d'énergie utile (p. ex. le gaz naturel émet environ 1,5 fois moins de GES que le mazout léger pour produire un mégajoule de vapeur dans une chaudière). Pour une quantité donnée d'énergie consommée, le mélange des types d'énergie en question influencera la quantité de GES émise sur place.

La Figure 19-3 illustre, à l'échelle du Canada, l'indicateur global et la fourchette médiane de l'IEGES au niveau du secteur ainsi que la fourchette médiane au niveau du sous-secteur. Les résultats sectoriels nationaux pour l'IEGES sont conformes à ceux pour l'ICE et donnent à penser que la quantité de GES produite par quantité d'énergie consommée était semblable entre les secteurs de l'IAB en 2002. Comme dans le cas de l'ICE, un indicateur global de l'IEGES très au-dessus de la fourchette médiane signifie que les grands établissements œuvrant dans ces secteurs pourraient réduire leurs émissions de GES.

PROVINCES

Intensité de la consommation d'énergie (ICE)

L'ICE globale maximale de 3,8 MJ/$ pour le secteur du sucre et des confiseries en Colombie-Britannique est deux fois plus élevé qu'en Ontario (Figure 19-6). Le sous-secteur des raffineries de sucre est responsable de l'ICE globale élevée dans ce secteur : l'ICE d'une raffinerie de sucre canadienne typique peut atteindre 4,2 MJ/$, alors que celle d'une usine de confiseries typique ne dépasse pas 1,2 MJ/$ (données non montrées). La fourchette médiane pour une usine dans le secteur du sucre et des confiseries en Colombie-Britannique affiche la plus faible ICE canadienne dans ce secteur, ce qui indique que les résultats sont influencés par un très petit nombre d'usines à forte consommation d'énergie.

L'ICE globale pour le secteur des produits de viande en Colombie-Britannique est aussi la plus élevée au Canada. Elle indique que les établissements locaux de traitement des viandes responsables d'une grande proportion des ventes pourraient réaliser des gains d'efficacité et rapprocher leur ICE de 1 MJ/$ – ou même descendre sous ce niveau. La fourchette médiane provinciale pour le secteur des produits de viande suit la tendance nationale, en ce sens que quelques usines influencent la moyenne globale. Il en va de même pour le secteur des boulangeries et le secteur des fruits et légumes par comparaison avec des provinces telles que l'Ontario et le Québec, bien que la performance du secteur des fruits et légumes soit supérieure à la moyenne nationale. Les secteurs britanno-colombiens des produits laitiers et des produits de la mer affichent tous les deux de bons résultats.

Dans les provinces des Prairies, le secteur des céréales et oléagineux enregistre une performance comparable à celle obtenue en Ontario, au Québec et dans l'ensemble du Canada (Figures 19-6, 19-3). Le secteur des produits de viande, quant à lui, affiche l'ICE de l'usine typique la plus élevée au Canada, malgré l'efficacité énergétique supérieure de certains des plus gros établissements (en termes de ventes), comme le montre l'ICE globale proche de la limite inférieure de la fourchette médiane.

L'indicateur global du secteur du sucre et des confiseries est plus favorable en Ontario qu'en Colombie-Britannique, parce que le secteur est plus diversifié et qu'il représente une plus

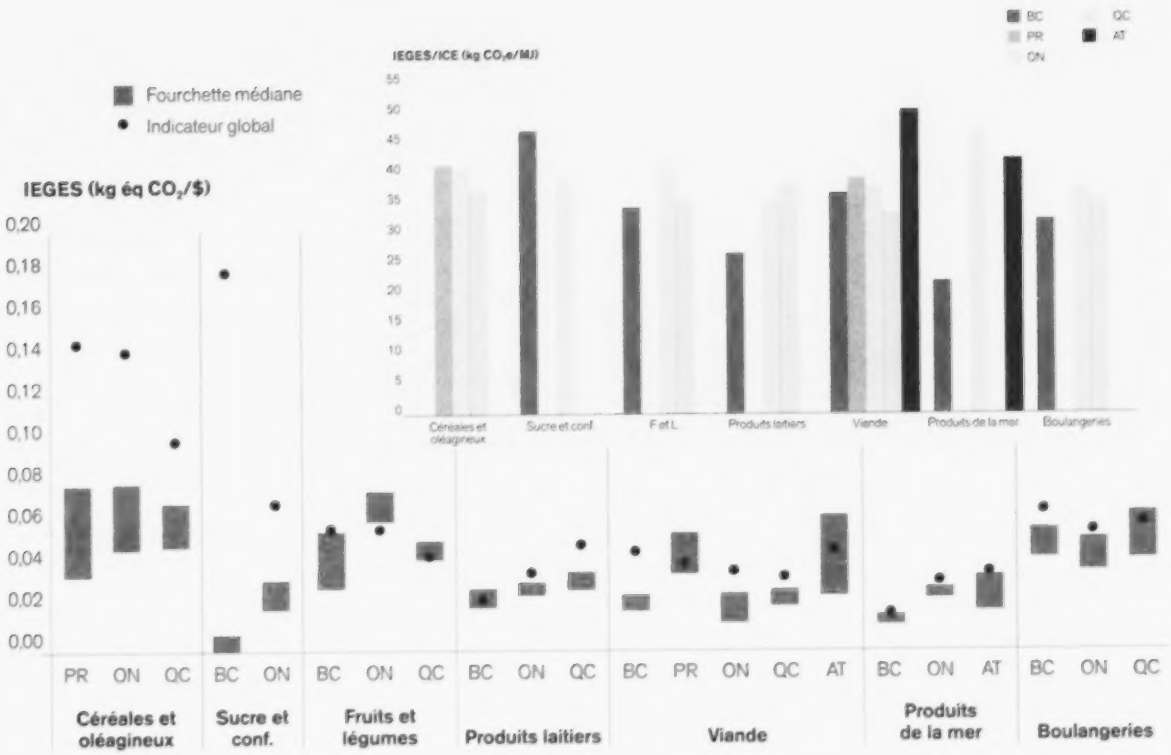


FIGURE 19-6 Intensité des émissions de gaz à effet de serre (IEGES) en fonction du secteur d'activité et de la région, 2002. Encadré : *Rapport IEGES/ICE des indicateurs globaux (kg en équivalents CO_2 des GES émis par MJ d'énergie consommée) en fonction de la région, 2002.*

grande proportion des activités à faible consommation d'énergie, comme la fabrication des confiseries. La valeur médiane de l'indicateur pour les établissements du secteur ontarien des fruits et légumes est plus élevée que dans d'autres provinces. L'ICE global du secteur est toutefois inférieur à la fourchette médiane, ce qui indique qu'une grande partie des activités de traitement des fruits et légumes en Ontario est effectuée par des établissements dont l'efficacité énergétique est légèrement supérieure à celle de l'usine représentative typique. Enfin, l'Ontario figure parmi les provinces les plus économes en énergie dans les secteurs des produits de viande, des produits de la mer et des boulangeries.

Le Québec affiche la plus faible ICE globale au Canada dans les secteurs des céréales et oléagineux et des fruits et légumes. Dans le secteur des produits de viande, son ICE se situe au niveau national et ressemble à celle de l'Ontario et des provinces de l'Atlantique. Enfin, l'ICE globale du secteur québécois des produits laitiers est la plus élevée au Canada, dépassant largement celle d'une usine représentative typique au Québec, en Ontario, en Colombie-Britannique et à l'échelle du Canada.

L'industrie alimentaire des provinces de l'Atlantique est fortement axée sur les produits de la mer, les fruits et légumes, les confiseries et les boissons. La fourchette médiane pour le secteur des produits de viande se compare à celle des autres provinces, et son ICE globale se situe à l'intérieur de la fourchette médiane, ce qui indique que les plus grands établissements sont aussi économes en énergie qu'une usine typique. Le secteur des produits de la mer est le plus influent de la région et son indicateur global est légèrement plus élevé que l'indicateur médian, ce qui montre que de nombreux gains d'efficacité ont été réalisés, mais qu'il y a encore matière à amélioration.

Intensité des émissions de gaz à effet de serre

Les émissions totales de GES d'une usine dépendent notamment des types d'énergie utilisés. La Figure 19-4 montre les différentes sources d'énergie utilisées par les provinces en 2002 pour un groupe d'industries manufacturières incluant l'IAB.

La Figure 19-5 illustre les résultats régionaux des indicateurs d'IEGES par secteur. L'encart montre le calcul du rapport IEGES/ICE des indicateurs globaux pour chaque région – c'est-à-dire la quantité de GES émise par MJ d'énergie consommée – afin de donner une idée de la propreté de l'énergie consommée et des efforts déployés pour adopter des technologies ou procédés alimentés à l'électricité ou par des formes d'énergie qui émettent moins de GES.

Les secteurs des boulangeries et des produits laitiers, qui sont bien établis, vendent des produits semblables dans tout le pays. La Figure 19-5 montre que les valeurs globales et les

fourchettes médianes de l'IEGES présentent peu de différences entre les régions. Il en va de même dans le secteur des céréales et oléagineux, où les fourchettes médianes sont semblables mais les valeurs globales varient considérablement entre les régions. Dans le secteur du sucre et des confiseries, on note de grandes différences entre la Colombie-Britannique et l'Ontario, principalement en raison des différences dans les sous-secteurs. Une très grande partie des activités de la Colombie-Britannique dans ce secteur est axée sur la fabrication du sucre, qui demande beaucoup d'énergie d'origine fossile pour les opérations de traitement qui coûteraient trop cher en électricité. Une comparaison des valeurs globales et des fourchettes médianes de l'ICE et de l'IEGES (Figure 19-6 et Figure 19-5) révèle également que ces performances inférieures à la moyenne sont attribuables à quelques grandes usines, puisque la fourchette médiane de l'ICE et de l'IEGES figure parmi les plus faibles valeurs sectorielles au Canada. Une très petite partie des activités dans ce secteur est exercée par d'autres sous-secteurs (p. ex. fabrication de confiseries) qui font une utilisation très efficace de sources d'énergie plus propres.

Les légères différences enregistrées dans le secteur des produits de la mer sont attribuables à des différences sous-sectorielles et au réseau énergétique plus propre de la Colombie-Britannique (plus de gaz naturel). Les différences régionales dans le secteur des produits de viande sont attribuables au fait que les réseaux énergétiques des provinces de l'Atlantique et de l'Alberta font appel à des mazouts plus lourds que ceux du Québec, de l'Ontario et de la Colombie-Britannique.

Mesures d'intervention possibles

Les mesures visant à améliorer l'efficacité énergétique et la production sur place d'énergie secondaire (comme la vapeur) aideront à réduire l'intensité de la consommation d'énergie et les émissions de GES.

Le défi pour l'IAB consiste à réduire sa demande d'énergie en améliorant son efficacité. Pour ce faire, l'industrie peut adopter des pratiques de gestion bénéfiques qui ne compromettent ni l'hygiène ni la salubrité des aliments. Les sociétés peuvent choisir parmi un vaste éventail de mesures possibles, dont les coûts varient. En mesurant la consommation et les flux de chaleur et en gérant avec prudence les procédures qui nécessitent le plus d'énergie, les entreprises peuvent régler rapidement les problèmes et éviter le gaspillage. On pourrait faire une étude conjointe des flux d'énergie et d'eau dans une usine en intégrant les procédés, et les résultats d'une telle étude suggèrent généralement différents moyens d'optimiser le flux de chaleur et d'eau dans une usine.

Les gouvernements peuvent encourager les établissements à surveiller la consommation d'énergie et les émissions de GES et à établir des repères sectoriels. Ceci les encouragera à consommer moins d'énergie que leurs pairs tout en restant concurrentiels.

En outre, l'élaboration d'une base de données nationale plus complète assortie d'un cadre de divulgation et de rapport permettrait d'établir des données repères raisonnables et de mieux surveiller les progrès réalisés dans l'atteinte des objectifs de réduction.

On pourrait optimiser et renforcer les indicateurs de façon à mieux représenter les enjeux environnementaux pertinents et à faciliter les mesures d'intervention possibles. Les améliorations pourraient inclure des indicateurs physiques indépendants des données financières, un indicateur d'ICE qui pondère chaque source d'énergie utilisée par un facteur de pression environnementale, en prenant en compte tous les impacts directs et indirects d'une source ainsi que l'emplacement géographique. Ceci devrait faire ressortir les progrès réalisés dans l'adoption de formes d'énergie plus durables, particulièrement les énergies renouvelables, et produire un indicateur d'ICE permettant de ventiler la consommation d'énergie en fonction des principales utilisations (comme dans la Figure 19-1, par exemple). Il serait alors plus facile d'identifier les causes des faibles gains d'efficacité et donc de déployer des mesures d'écoefficacité et des pratiques de gestion bénéfiques.

Références

Environnement Canada, Division des gaz à effet de serre. (2004). *Inventaire canadien des gaz à effet de serre, 1990-2002*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/1990_02_report/toc_f.cfm

Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique. (2007). *Base de données complète sur la consommation d'énergie – Tableau 10 : Consommation d'énergie secondaire et émissions de GES des autres industries manufacturières*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://oee.nrcan.gc.ca/organisme/statistiques/bnce/apd/tableauxevolution2/agg_on_10_f_3.cfm?attr=0

Canadian Industrial Energie End-use Data and Analyse Centre (CIEEDAC). (2008). *Data report created using on-line CIEEDAC databases on July 30, 2008*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.cieedac.sfu.ca/CIEEDACweb/mod.php?mod=userpage&menu=16&page_id=9 (en anglais seulement)

Competitive Analysis Centre Inc. (CACI). (1999). *Food processing industry: foundation paper and options analysis*. Ottawa (Ont.), Canada, CACI.

Energetics Inc. et E3M Inc. (2004). *Energy use, loss and opportunities analysis: U.S. manufacturing and mining*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www1.eere.energy.gov/industry/energy_systems/pdfs/energy_use_loss_opportunities_analysis.pdf

Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., vander Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., et Johnson, C.A. (éd.). (2001). *Climate change 2001: The scientific basis. Contribution of working groupe I to the third assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

Houghton, J.T., Meira Filho, L.G., Callender, B.A., Harris, N., Kattenberg A., et Maskell, K. (éd.). (1995). *Climate change 1995: The science of climate change. Contribution of working groupe I to*

the second assessment of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge, Royaume-Uni, Cambridge University Press.

Marcotte M., Maxime, D. et Arcand, Y. (2005). Utilisation d'énergie et émissions de gaz à effet de serre. Dans A. Lefebvre, W. Eilers, et B. Chunn (éd.), *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux* (p. 176-179). Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

Navarri, P., Legault A.et Bédard, S. (2001). Process Integration. Dans *Managing waste and wastewater in the food processing industry*. Séminaire organisé par Manitoba Hydro le 21 novembre 2001, Winnipeg (Man.), Canada.

Nyboer, John. (2008a). *Development of energy intensity indicators for Canadian industry, 1990 to 2006*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.cieedac.sfu.ca/CIEEDACweb/pubarticles/Indicator Reports - Intensity/Intensity indicators%2C 2007 _2006_ Final.pdf (en anglais seulement)

Nyboer, John. (2008b). *Development of greenhouse gas intensity indicators for Canadian industry, 1990 to 2005*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.cieedac.sfu.ca/CIEEDACweb/pubarticles/GHG Analysis Publications/GHG Intensity Indicators 2007 _2006 data_ Final.pdf (en anglais seulement)

Statistique Canada. (2003). *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 2002*. Ottawa (Ont.), Canada, Statistique Canada.

Statistique Canada. (2004). *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 2003*. Ottawa (Ont.), Canada, Statistique Canada.

Statistique Canada. (2007). *Bulletin sur la disponibilité et écoulement d'énergie au Canada, 2005*. Ottawa, (Ont.), Canada, Statistique Canada.

U.S. Environmental Protection Agency. (2007). *Energy trends in selected manufacturing sectors: Opportunities and challenges for environmentally preferable energy results, final report*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.epa.gov/secteurs/pdf/energy/report.pdf

20 Utilisation de l'eau

AUTEURS
D. Maxime, Y. Arcand, D. Landry et M. Marcotte

NOM DE L'INDICATEUR :
Intensité du prélèvement d'eau (IPE) et intensité du déversement d'eau (IDE)

PORTÉE :
Échelle nationale pour 2005

Sommaire

L'industrie des aliments et des boissons (IAB) transforme les produits agricoles en produits alimentaires et boissons semi-préparés et prêts à la consommation. En 2005, l'IAB comptait pour près de 20 p. 100 de l'eau utilisée par toutes les industries manufacturières canadiennes. Elle déverse 77 p. 100 de l'eau prélevée et utilisée sous forme d'eaux usées. Les indicateurs de l'intensité du prélèvement d'eau (IPE) et de l'intensité du déversement d'eau (IDE) mesurent la quantité totale d'eau qui entre dans l'usine (IPE) et qui en sort sous forme d'eaux usées (IDE) par valeur de production vendue (exprimée en litres par dollar de produits vendus ou L/$).

Au Canada, la palme pour l'intensité du prélèvement d'eau revient à l'industrie de préparation et de conditionnement des poissons et fruits de mer, avec une moyenne nationale de 17 L d'eau prélevée par dollar de produit vendu. Ce secteur affiche aussi la plus grande intensité de déversement (96 p. 100 de l'eau prélevée). Par contraste, l'industrie de fabrication des boissons fait la consommation la plus intensive, déversant les deux tiers de l'eau prélevée et incorporant le reste dans les produits finis. C'est l'industrie de fabrication des produits de viande qui prélève le moins d'eau, soit six fois moins que le secteur des poissons et fruits de mer et près de quatre fois moins que les fabricants de produits laitiers, par dollar de produit vendu. Dans le secteur des produits de viande, les provinces des Prairies, l'Ontario et le Québec sont plus efficaces (moins de 3 L/$) que la Colombie-Britannique (7 L/$) et les provinces de l'Atlantique (5 L/$).

L'enjeu

L'IAB a besoin d'une grande quantité d'eau de haute qualité à utiliser comme ingrédient et pour de nombreuses opérations de transformation. On estime que l'IAB a prélevé 1 500 millions de mètres cubes d'eau en 2005, ce qui représente presque 20 p. 100 de la quantité totale prélevée par les industries manufacturières canadiennes (Figure 20-1) et 3 p. 100 de la quantité totale prélevée au Canada (Environnement Canada, 2008). En 2005, les établissements ont fait appel aux services d'eau publics pour la moitié de leurs besoins en eau et prélevé eux-mêmes le reste dans les eaux souterraines et de surface et les plans d'eau de maréLa circulation et l'utilisation de l'eau par l'IAB sont illustrées à la figure 20-2. L'eau est utilisée à presque toutes les étapes de transformation : comme milieu de transfert thermique (p. ex. eau chaude pour le blanchiment ou vapeur pour le chauffage), comme transporteur (p. ex. pour le transport des produits fragiles dans une chaîne de production), ou pour le lavage, le rinçage, le nettoyage et l'assainissement. Les besoins en eau varient beaucoup en qualité et quantité selon les produits fabriqués et le processus de transformation. Une eau de bonne qualité est essentielle pour respecter les normes en matière d'hygiène et de salubrité alimentaires dès qu'il existe une chance de contact direct ou indirect avec les aliments (Maxime et coll., 2006).

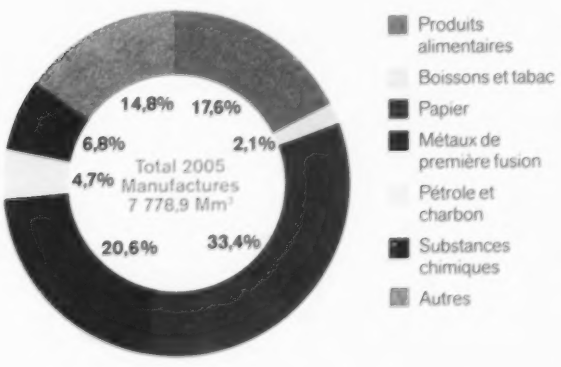
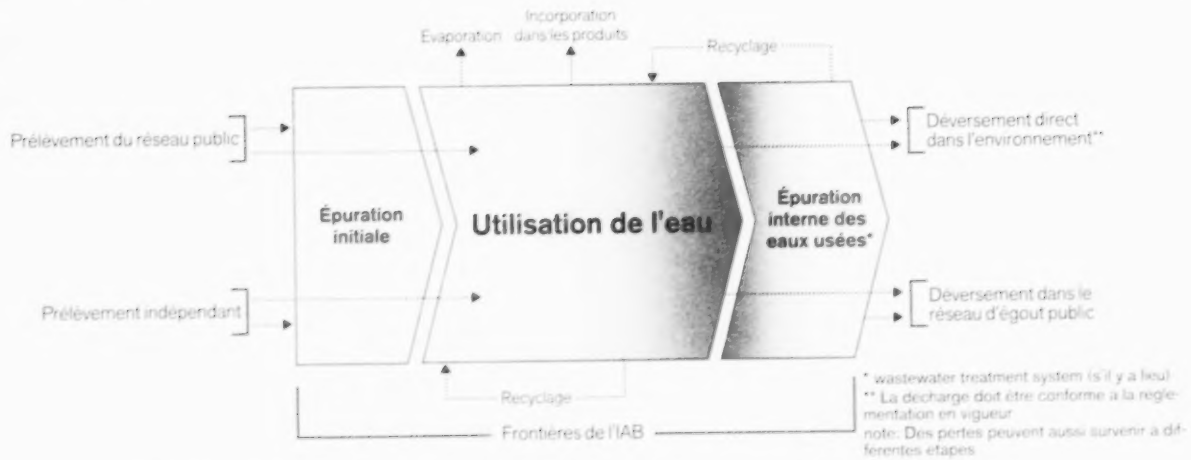


FIGURE 20-1 Pourcentage de l'eau prélevée par les principaux secteurs manufacturiers du Canada en 2005

Source: Statistique Canada, 2008

En 2005, quatre pour cent (4 p. 100) de la quantité prélevée par l'IAB est recyclée ou réutilisée dans les systèmes de traitement ou de refroidissement, et 77 p. 100 est retournée sous forme d'eaux usées, soit aux services publics soit directement dans l'environnement, généralement après avoir été traitée sur place. Le reste (19 p. 100) est incorporé dans les produits finis, s'évapore en cours de traitement ou fait partie des boues d'épuration et déchets solides.

La forte demande en eau des établissements de l'IAB peut avoir des impacts directs et indirects sur les écosystèmes et les économies qui en dépendent. L'épuisement des réserves en eau de grande qualité dans certaines parties du pays a fait grimper les coûts de l'approvisionnement en eau industrielle et incité les services d'eau publics à trouver de nouvelles sources d'approvisionnement (Environnement Canada, 2004). La concentration géographique des groupes de produits et le caractère saisonnier marqué des prélèvements dans certains secteurs, comme



Circulation de l'eau et des eaux usées dans une usine de transformation alimentaire

les fruits et légumes, peuvent alourdir les pressions locales et saisonnières sur l'environnement. Beaucoup d'usines de traitement sont situées dans des régions rurales où les systèmes municipaux de traitement de l'eau (c.-à-d. les systèmes d'approvisionnement en eau potable et de traitement des eaux usées) sont conçus pour servir de petites populations. Une usine de taille moyenne peut avoir un effet majeur sur l'approvisionnement local en eau.

Les indicateurs

Les indicateurs de l'intensité du prélèvement d'eau (IPE) et de l'intensité du déversement d'eau (IDE) évaluent l'efficience des pratiques de gestion adoptées par l'IAB. Le premier calcule la quantité d'eau utilisée par dollar de biens produits, tandis que le second calcule la quantité d'eau déversée par dollar de biens produits (en L/$). Ces indicateurs d'intensité sont inversement proportionnels à l'efficience : plus la valeur de l'indicateur est élevée, plus l'efficience et la performance environnementale sont faibles. Les indicateurs ont été calculés à partir des données tirées de l'Étude sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie 2005 (Statistique Canada, 2008) et de l'Enquête annuelle sur les manufactures et l'exploitation forestière (Statistique Canada, 2007).

Les établissements ont été regroupés en fonction de leurs caractéristiques communes : même secteur d'activité, même région et même nombre d'employés, afin de permettre des comparaisons régionales valables (voir le tableau F-1 du sommaire de la section). On a calculé les deux indicateurs pour chaque groupe en divisant la quantité totale d'eau prélevée (ou déversée) par la valeur des ventes pour tout le groupe. Ceci donne une bonne idée du groupe dans son ensemble (comme s'il s'agissait d'un seul établissement) mais ne fournit pas de renseignements sur la performance d'une usine donnée par rapport au groupe.

Limites

Les indicateurs comportent plusieurs limites, dont la plupart découlent de la volonté de fournir des détails par sous-secteur et par région. Les indicateurs sont calculés en fonction de la valeur des produits plutôt que de leur quantité parce que ces données sont disponibles. Il a été nécessaire de regrouper les établissements parce que certaines données étaient confidentielles. Par ailleurs, le manque de données et la confidentialité de l'information disponible nous ont empêchés de publier les résultats dans certains secteurs.

Les indicateurs ont été calculés pour une seule année de référence, soit 2005, ce qui ne permet pas les comparaisons interannuelles. Les indicateurs n'évaluent pas la qualité et la charge polluante des effluents déversés par les établissements — ce qui donnerait une meilleure idée de la performance environnementale de l'IAB.

Résultats et interprétation

ÉCHELLE NATIONALE

La Figure 20-3 donne une vue d'ensemble de la valeur des indicateurs d'IPE et d'IDE au Canada. L'intensité du prélèvement et du déversement varie beaucoup entre les groupes sectoriels. Aux deux extrêmes de l'échelle se trouvent le secteur des produits de viande et le secteur des produits de la mer, dont l'IPE s'élève à 3 L/$ et 17 L/$, respectivement.

Les usines de produits de la mer, dont l'IPE est de 17L/$, sont généralement situées près des côtes et utilisent l'abondante eau de mer à leur disposition pour la manipulation, le rinçage et la décongélation du poisson, le nettoyage de l'équipement et l'hygiène générale. Ce secteur a besoin d'une grande quantité d'eau à des fins de nettoyage et de traitement, mais son IDE élevée (16,3 L/$) indique qu'il y a moyen de réaliser des gains d'efficience — par exemple en prévoyant des procédés à sec et

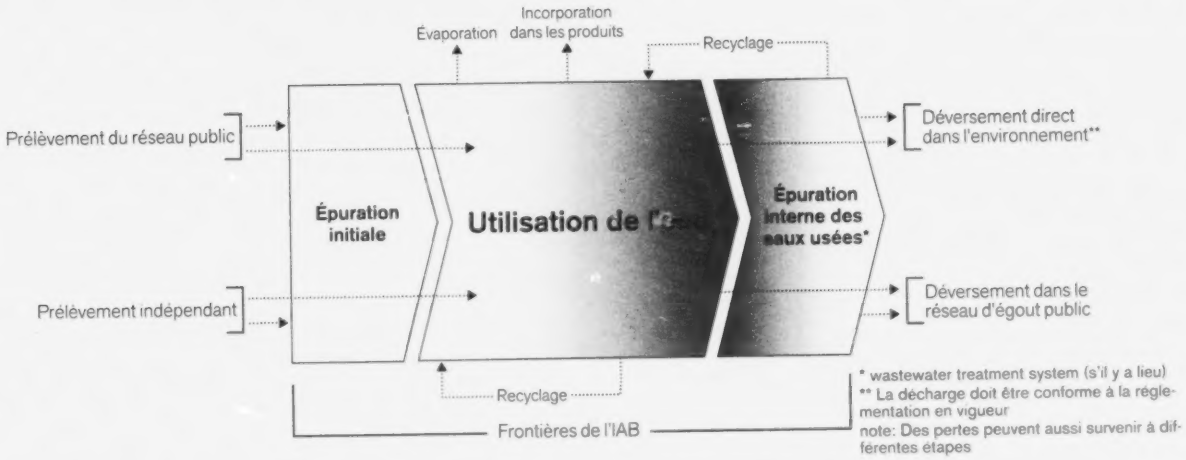


FIGURE 20-2 **Circulation de l'eau et des eaux usées dans une usine de transformation alimentaire**

les fruits et légumes, peuvent alourdir les pressions locales et saisonnières sur l'environnement. Beaucoup d'usines de traitement sont situées dans des régions rurales où les systèmes municipaux de traitement de l'eau (c.-à-d. les systèmes d'approvisionnement en eau potable et de traitement des eaux usées) sont conçus pour servir de petites populations. Une usine de taille moyenne peut avoir un effet majeur sur l'approvisionnement local en eau.

Les indicateurs

les indicateurs de l'intensité du prélèvement d'eau (IPE) et de l'intensité du déversement d'eau (IDE) évaluent l'efficience des pratiques de gestion adoptées par l'IAB. Le premier calcule la quantité d'eau utilisée par dollar de biens produits, tandis que le second calcule la quantité d'eau déversée par dollar de biens produits (en L/$). Ces indicateurs d'intensité sont inversement proportionnels à l'efficience : plus la valeur de l'indicateur est élevée, plus l'efficience et la performance environnementale sont faibles. Les indicateurs ont été calculés à partir des données tirées de l'Étude sur l'utilisation de l'eau dans l'industrie 2005 (Statistique Canada, 2008) et de l'Enquête annuelle sur les manufactures et l'exploitation forestière (Statistique Canada, 2007).

Les établissements ont été regroupés en fonction de leurs caractéristiques communes : même secteur d'activité, même région et même nombre d'employés, afin de permettre des comparaisons régionales valables (voir le tableau F-1 du sommaire de la section). On a calculé les deux indicateurs pour chaque groupe en divisant la quantité totale d'eau prélevée (ou déversée) par la valeur des ventes pour tout le groupe. Ceci donne une bonne idée du groupe dans son ensemble (comme s'il s'agissait d'un seul établissement) mais ne fournit pas de renseignements sur la performance d'une usine donnée par rapport au groupe.

Limites

Les indicateurs comportent plusieurs limites, dont la plupart découlent de la volonté de fournir des détails par sous-secteur et par région. Les indicateurs sont calculés en fonction de la valeur des produits plutôt que de leur quantité parce que ces données sont disponibles. Il a été nécessaire de regrouper les établissements parce que certaines données étaient confidentielles. Par ailleurs, le manque de données et la confidentialité de l'information disponible nous ont empêchés de publier les résultats dans certains secteurs.

Les indicateurs ont été calculés pour une seule année de référence, soit 2005, ce qui ne permet pas les comparaisons interannuelles. Les indicateurs n'évaluent pas la qualité et la charge polluante des effluents déversés par les établissements – ce qui donnerait une meilleure idée de la performance environnementale de l'IAB.

Résultats et interprétation

ÉCHELLE NATIONALE

La Figure 20-3 donne une vue d'ensemble de la valeur des indicateurs d'IPE et d'IDE au Canada. L'intensité du prélèvement et du déversement varie beaucoup entre les groupes sectoriels. Aux deux extrêmes de l'échelle se trouvent le secteur des produits de viande et le secteur des produits de la mer, dont l'IPE s'élève à 3 L/$ et 17 L/$, respectivement.

Les usines de produits de la mer, dont l'IPE est de 17L/$, sont généralement situées près des côtes et utilisent l'abondante eau de mer à leur disposition pour la manipulation, le rinçage et la décongélation du poisson, le nettoyage de l'équipement et l'hygiène générale. Ce secteur a besoin d'une grande quantité d'eau à des fins de nettoyage et de traitement, mais son IDE élevée (16,3 L/$) indique qu'il y a moyen de réaliser des gains d'efficience – par exemple en prévoyant des procédés à sec et

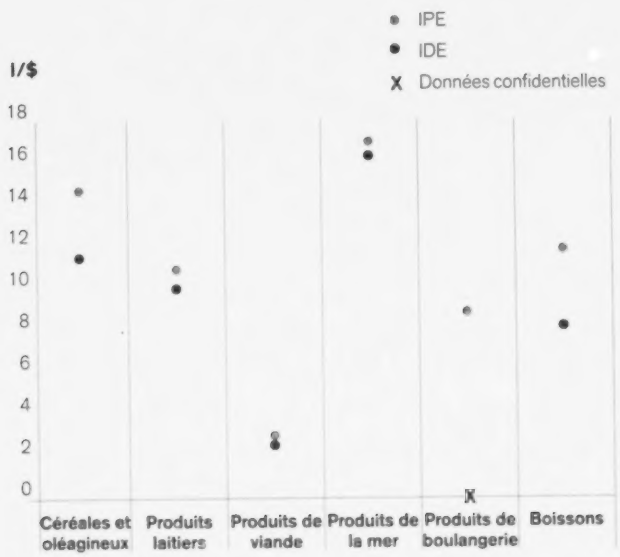


FIGURE 20-3 Intensité du prélèvement d'eau (IPE) et intensité du déversement d'eau (IDE) en fonction des secteurs de l'IAB, Canada, 2005

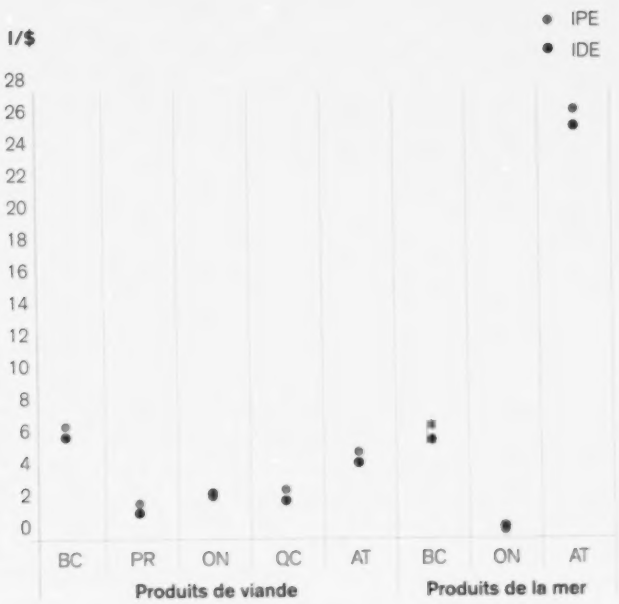


FIGURE 20-4 Intensité du prélèvement d'eau (IPE) et intensité du déversement d'eau (IDE) en fonction de la région et de deux secteurs (produits de viande et produits de la mer), 2005

en améliorant la gestion de l'eau à l'étape du nettoyage du poisson et des lieux — sans compromettre les normes de salubrité et de qualité.

Le secteur des produits de viande a lui aussi besoin de grandes quantités d'eau pour le nettoyage des carcasses et des surfaces (tableau 20-1). Ses indicateurs d'IPE (2,8 L/S) et d'IDE (2,5 L/$) sont toutefois beaucoup plus faibles que ceux du secteur des produits de la mer. Alors que les usines de traitement des produits de la mer sont surtout situées près de sources abondantes d'eau, les usines de transformation de la viande sont concentrées dans des régions où l'eau est moins abondante. Ce secteur doit donc adopter des pratiques efficientes de gestion (p. ex. décongélation à l'air plutôt qu'à l'eau, nettoyage à la pelle et au balai plutôt qu'au jet d'eau à haute pression) et de recyclage de l'eau.

L'IPE est aussi élevée dans le secteur des céréales et oléagineux (15 L/$), car cette industrie utilise beaucoup d'eau et de vapeur durant ses procédés d'extraction (p. ex. décorticage humide, mouture humide, trempage du malt, raffinage des huiles et désodorisation). La différence entre l'IPE et l'IDE indique que 22 p. 100 de l'eau prélevée est consommée, en grande partie par évaporation durant la déshydratation et le séchage de la farine, le maltage et la fabrication des céréales pour petit déjeuner.

Les secteurs des produits de boulangerie et tortillas, des produits laitiers et des boissons affichent des valeurs d'IPE intermédiaires de 9 L/$, 11 L/$ et 12 L/$ respectivement. Dans le secteur des produits de boulangerie et tortillas, l'eau est surtout utilisée pour la fabrication de la pâte et le nettoyage de l'équipement. Une grande quantité d'eau s'évapore durant la cuisson et le séchage et n'est donc pas déversée sous forme d'eaux usées. L'eau est surtout déversée lors des opérations de nettoyage.

Le secteur des produits laitiers a besoin de grandes quantités d'eau pour nettoyer et désinfecter toutes les pièces d'équipement susceptibles d'entrer en contact avec le lait ou les produits laitiers durant le traitement (tableau 20-1). L'IPE et l'IDE pour le secteur des produits laitiers s'élèvent à 10,8 L/$ et 9,9 L/$, respectivement, ce qui signifie que la plus grande partie de l'eau prélevée est déversée. Les eaux usées sont hautement concentrées en matières organiques dissoutes et en minéraux tels que le phosphore, l'azote et le chlorure, et elles contiennent des résidus d'agents de nettoyage. Les usines de produits laitiers traitent généralement leurs eaux usées sur place afin de pouvoir respecter les seuils de contaminants des réseaux d'égout publics.

Le secteur des boissons se différencie par le fait que l'eau est le principal ingrédient entrant dans la composition de la plupart de ses produits finis (tableau 20-1). Près du tiers de l'eau prélevée n'est pas déversé mais consommé par incorporation dans des produits tels que l'eau embouteillée, les boissons gazeuses, la bière et certaines boissons alcoolisées, ce qui explique la grande différence entre l'IPE (12 L/$) et l'IDE (8 L/$). Ce secteur utilise aussi beaucoup d'eau pour nettoyer et rincer les contenants et l'équipement.

TABLEAU 20-1 Activités consommatrices d'eau typiques des fabriques de produits alimentaires et de boissons

Activité consommatrice d'eau	Légumes (%)	Produits laitiers (%)	Produits de viande (%)	Boissons (%)
Incorporation d'eau dans le produit	2	0	0	60
Nettoyage de l'usine	15	49	48	25
Tours de réfrigération	5	6	2	2
Opérations de traitement	76 (lavage, pelage, blanchiment)	42 (chauffage)	47 (abattage)	8
Utilisation auxiliaire	2	3	3	5

Source : Pagan et Price, 2008; Genné et Derden, 2008

Les comparaisons intersectorielles sont découragées parce que les procédés appliqués dépendent souvent des matières brutes (p. ex. viande rouge par opposition à homards frais). Il en va de même pour la comparaison de deux usines dans le même secteur (p. ex. thon en conserve par opposition à homards frais). Cependant, comme le secteur des produits de la mer affiche une IPE et une IDE plus élevées que les autres secteurs, les possibilités d'amélioration y sont beaucoup plus grandes qu'ailleurs.

PROVINCES

Étant donné les restrictions relatives aux données, les résultats régionaux pour l'IPE et l'IDE se limitent à ceux présentés à la figure 20-4. L'absence d'un secteur dans une région donnée ne signifie pas nécessairement qu'il n'est pas représenté dans cette région, mais plutôt que la confidentialité des données ne permet pas d'en rendre compte.

C'est dans le secteur des produits de la mer qu'on enregistre la plus grande variabilité régionale entre la quantité d'eau prélevée et la quantité déversée, avec un facteur de quatre entre la Colombie-Britannique (IPE = 7 L/$) et les provinces de l'Atlantique (IPE = 26 L/$). La différence est encore plus prononcée par rapport à l'Ontario (IPE = 0,7 L/$). Cependant, comme ceci est dû en partie au fait que l'Ontario et les provinces de l'Atlantique suivent différentes étapes de traitement, il est impossible de comparer directement les deux régions. La Colombie-Britannique comme les provinces de l'Atlantique traitent d'importantes quantités de poisson débarqué; une certaine comparaison est donc possible. Le fait que l'IPE des provinces de l'Atlantique est quatre fois plus élevée que celle de la Colombie-Britannique peut s'expliquer par la grande quantité de mollusques et crustacés traités. En effet, l'eau de mer utilisée pour traiter les mollusques et crustacés (Pêches et Océans Canada, 2003) peut être déversée dans l'Atlantique, mais elle doit être traitée en Colombie-Britannique. Ceci explique pourquoi le taux de déversement est plus élevé dans les provinces de l'Atlantique (97,2 p. 100) qu'en Colombie-Britannique (89 p. 100). Dans cette province, les activités vont du débarquement (nettoyage initial des produits et de l'équipement au quai) au traitement avancé, l'accent étant mis sur la congélation, la mise en conserve et le traitement secondaire (ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, 2007), procédés qui nécessitent tous de l'eau.

Le secteur des produits de viande affiche lui aussi des différences régionales. On distingue deux groupes : la Colombie-Britannique et les provinces de l'Atlantique, où les indicateurs d'IPE varient entre 5 L/$ et 7 L/$; l'Ontario, les Prairies et le Québec, où ils oscillent entre 2 L/$ et 3 L/$. Les deux groupes présentent d'importantes différences, parce que certaines régions sont plus industrialisées que d'autres et que la qualité de la production varie. La Colombie-Britannique et les provinces de l'Atlantique comptent plus de petites usines traitant différents produits (bovins, porcs et volaille) que l'Ontario, les provinces des Prairies et le Québec, et elles ne représentent que 6 p. 100 et 3 p. 100 respectivement des livraisons nationales de produits manufacturés. La plupart des activités de traitement des produits de viande se déroulent dans les Prairies, en Ontario et au Québec, où se trouvent les établissements les plus vastes et les plus spécialisés, lesquels consomment plus d'eau. Cependant, étant donné les coûts élevés, les restrictions d'eau locales et la réglementation régissant les effluents, ces établissements mettent davantage l'accent sur les procédés éconergétiques et ont donc tendance à afficher des taux d'IPE et d'IDE plus faibles que ceux des autres régions.

Mesures d'intervention possibles

L'IAB doit réduire ses besoins en eau en améliorant l'efficience. Pour relever ce défi, elle doit adopter des pratiques de gestion bénéfiques sans compromettre la qualité, l'hygiène et la salubrité de ses produits. En utilisant l'eau de façon plus efficiente, elle se trouverait à réduire l'indicateur d'IPE, la quantité d'eau utilisée, le coût des services d'eau de même que la quantité d'eau et de contaminants déversée, ce qui ferait baisser l'indicateur d'IDE et les coûts de déversement.

Des opérations peu coûteuses telles que la mesure des déversements et la gestion prudente des activités qui nécessitent de grandes quantités d'eau permettraient aux sociétés de régler rapidement les problèmes et d'éviter le gaspillage. Une autre activité rentable est l'optimisation des procédures et des cycles de nettoyage et de désinfection, particulièrement pour les sous-secteurs soumis à une réglementation plus rigoureuse en

matière de salubrité alimentaire. Des technologies plus avancées de remplissage et de nettoyage du matériel permettraient aux établissements de réduire leurs besoins en eau et leur volume d'effluents, et peut-être aussi de récupérer et de réutiliser les matières brutes.

L'analyse d'intégration des procédés peut aider à trouver des moyens d'optimiser les interactions entre différents éléments de la chaîne de production, dont l'eau et l'énergie, plutôt que d'améliorer chaque élément séparément. Ceci est particulièrement important pour l'IAB, où ces deux ressources sont souvent étroitement liées. Étant donné les contraintes telles que les normes de qualité applicables à l'eau et aux effluents, les exigences en matière de salubrité et de qualité des aliments, les procédés à respecter et les options financières, cette analyse peut aider à définir la meilleure stratégie pour l'utilisation, le recyclage et le déversement d'eau (et d'énergie) dans une usine donnée, ce qui permettrait d'économiser des ressources et de réduire les coûts de production (Gonzalez et Poirier, 2003).

L'établissement de points repères sectoriels pour la qualité de l'équipement et les technologies environnementales permettrait à chaque société de positionner sa performance en conséquence et encouragerait ainsi l'écoefficacité.

Références

AMEC Earth & Environmental Ltd. (2003). *Management of wastes from Atlantic seafood processing operations.* Rapport final présenté au programme d'action national, équipe de la région de l'Atlantique, Environnement Canada, Région de l'Atlantique. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.dal.ca/aczisc/nparpt.pdf (en anglais seulement)

Ministère de l'Environnement de la Colombie-Britannique, Direction des océans et des pêches marines. (2007). *2006 British Columbia seafood industry year in review.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.env.gov.c.-b.ca/omfd/reports/YIR-2006.pdf (en anglais seulement)

Canada. Pêches et Océans Canada (MPO), Région du Golfe. (2003). Effluents des usines de transformation des produits marins : Un atelier sur le développement durable. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.glf.dfo-mpo.gc.ca/os/effluents/workshop-report-f.pdf

Canada. Pêches et Océans Canada (MPO), Unité des services statistiques. (2007). *Services statistiques du MPO.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.dfo-mpo.gc.ca/communic/Statistics/main_f.htm

Canadian Industrial Energy End-use Data and Analysis Centre (CIEEDAC). (2008). *Data report created using CIEEDAC online databases on July 30, 2008.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.cieedac.sfu.ca/CIEEDACweb/mod.php?mod=NAICS05&menu=1602 (en anglais seulement)

Environnement Canada. (2008). *Utilisation de l'eau au Canada en 2005.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.ec.gc.ca/water/fr/manage/use/f_wuse.htm

Environnement Canada, Région de l'Atlantique. (2008). *Rapport sur la caractérisation et l'analyse de la toxicité des effluents des usines de transformation du poisson au Canada.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://atlantic-web1.ns.ec.gc.ca/epb/newsletters/toxchem/Default.asp?lang=Fr&n=3F836B38-1

Environnement Canada. (2004). *Menaces pour la disponibilité de l'eau au Canada.* Institut national de recherche sur les eaux (INRE), Rapport nº 3, Série de rapports d'évaluation scientifique de l'INRE et Série de documents d'évaluation de la science de la DGSAC, nº 1. Burlington (Ont.), Canada, Environnement Canada.

Genné, I. et Derden, A. (2008). Water and energy management in the slaughterhouse. Dans J.R. Klemeš, et J.-K. Kim (éd.) *Handbook of water and energy management in food processing* (p. 805-815) Boca Raton (Floride), CRC Press.

Gonzalez M., et Poirier, S. (2003). Minimiser l'impact environnemental des usines de transformation de produits marins, *Alerte Technologique, 1* 8-10.

Québec, Institut de la statistique du Québec (ISQ) et ministère de l'Agriculture, des Pêcheries et de l'Alimentation du Québec (MAPAQ). (2007). *Profil sectoriel de l'industrie bioalimentaire au Québec : édition 2006.* Québec (Qc), Canada, Gouvernement du Québec.

Maxime D., Arcand Y., et Marcotte, M. (2005). Consommation d'eau et formation d'effluents. Dans A. Lefebvre, W. Eilers, et B. Chunn (éd.), *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport nº 2,* (p. 180–183). Ottawa (Ont.), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada.

http://dsp-psd.tpsgc.gc.ca/Collection/A22-201-2005F.pdf

Maxime D., Marcotte, M. et Arcand, Y. (2006). Development of eco-efficiency indicators for the Canadian food and beverage industry. *Journal of Cleaner Production, 14* 636–648.

Pagan, R. et Price, N. (2008). Good housekeeping procedures to improve the efficiency of water use in food processing plants. Dans J.R. Klemeš, et J.-K. Kim (éd.) *Handbook of water and energy management in food processing* (p. 335-366), Boca Raton (Floride), CRC Press. p. 335-366.

Statistique Canada. (2006). *CANSIM, Tableau nº 301-0006. Statistiques principales pour les industries manufacturières, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN).* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&RootDir=CII/&ResultTemplate=CII/CII____&Array_Pick=1&ArrayId=3010006

Statistique Canada. (2007). *Enquête annuelle sur les manufactures et l'exploitation forestière.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/cgi-bin/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SurvId=2103&SurvVer=4&InstaId=14033&InstaVer=8&SDDS=2103&lang=en&db=IMDB&adm=8&dis=2

Statistique Canada. (2008). *Utilisation industrielle de l'eau, 2005.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/bsolc/olc-cel/olc-cel?catno=16-401-X&lang=fra

Tchoukanova, N., Gonzalez, M., et Poirier, S. (2003). *Bonnes pratiques de gestion : transformation des produits marins.* Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.glf.dfo-mpo.gc.ca/os/effluents/bmp-f.pdf

21 Emballages

AUTEURS
D. Maxime, Y. Arcand, D. Landry et M. Marcotte

NOM DE L'INDICATEUR
Intensité d'utilisation des emballages (IUE)

PORTÉE
Échelle nationale pour 2002

Sommaire

L'industrie des aliments et des boissons (IAB) transforme des matières brutes agricoles en produits alimentaires et boissons semi-préparés et prêts à la consommation. Les produits vendus au public doivent être conditionnés de façon adéquate pour arriver aux consommateurs en bon état et offrir des instructions du fabricant et d'autres renseignements utiles à l'intention des consommateurs. Les emballages sont surveillés de plus en plus près parce qu'ils consomment des ressources et que leur élimination entraîne des répercussions environnementales. L'indicateur d'intensité d'utilisation des emballages (IUE) mesure les achats annuels de matériaux d'emballage par dollar de production pour différents secteurs de l'IAB.

En 2002, les secteurs des fruits et légumes et des boissons affichaient une IUE supérieure à 15 $ d'emballage pour 100 $ de produit, soit plus que n'importe quel autre secteur de l'IAB, en grande partie en raison de leur forte consommation de boîtes métalliques (fer et aluminium) et de contenants en verre. Inversement, les groupes qui transforment des matières animales (viande, poissons, fruits de mer et produits laitiers) affichent les plus faibles indicateurs d'IUE. Ceci est dû à la valeur élevée du produit et à la quantité relativement faible de matériaux d'emballage requis (p. ex. produits de viande, poissons et fruits de mer non transformés).

L'enjeu

L'emballage protège les produits alimentaires contre les dommages matériels ou la détérioration durant le transport, l'entreposage et la manutention. L'emballage fournit aussi des instructions du fabricant et d'autres renseignements à l'intention des consommateurs et constitue un outil de commercialisation pour le propriétaire de la marque.

Il y a trois types d'emballage : primaire, secondaire et tertiaire. Les emballages primaires entrent en contact direct avec le produit alimentaire (par exemple, la doublure en plastique d'une boîte de céréale de petit déjeuner ou une bouteille de jus en verre). Les emballages secondaires sont conçus à l'intention du consommateur et donnent généralement des informations sur la marque (par exemple, une boîte de céréale). Les emballages tertiaires sont utilisés pour les produits emballés en lot. Ils facilitent le transfert du produit depuis l'usine du fabricant jusqu'à l'entrepôt, au centre de distribution et au magasin de détail. Les emballages primaires et secondaires sont généralement jetés par le consommateur, tandis que les emballages tertiaires sont gérés par les grossistes et les détaillants.

Les emballages peuvent avoir d'importantes répercussions environnementales. Leur fabrication consomme des ressources telles que le fer, l'aluminium et le silice (pour les contenants en métal et en verre), les arbres (pour le papier et le carton) et les produits du pétrole (pour les plastiques), en plus de l'énergie requise pour produire les emballages. La gestion des déchets d'emballage a acquis une plus grande visibilité dans les années 1980 lorsqu'on s'est rendu compte que près de 80 p. 100 des emballages utilisés au Canada étaient éliminés (CCME, 1990). En 1989, les emballages constituaient environ 30 p. 100 (du poids) des déchets municipaux mis en décharge (CCME, 1996). Les solutions de rechange conçues pour réacheminer les déchets comprennent la collecte sélective locale, les contenants consignés, les usines de tri des matières recyclables, les systèmes d'échange de déchets pour les matières recyclées, les usines de recyclage de matériaux spécifiques comme l'aluminium et les plastiques, les nouvelles filières de valorisation des déchets (particulièrement pour les plastiques) et la récupération d'énergie par incinération des déchets.

Il reste des défis à relever, car la disponibilité des services n'est pas uniforme à travers le pays et les emballages se composent de différentes matières dont le traitement peut varier (Tableau 21-1). Malgré les efforts consacrés aux programmes de réacheminement, les déchets mis en décharge et incinérés ont augmenté de 5,2 p. 100 entre 2002 et 2006 (Statistique Canada, 2008a) et représentent aujourd'hui 15 p. 100 des matières mises en décharge (Downham, 2008). Comme les emballages alimentaires représentent environ 60 p. 100 du total des emballages (Dworkin, 2006), les déchets d'emballage alimentaire s'élèveraient à 1,4 million de tonnes par an au Canada, soit environ 42 kg par habitant.

L'indicateur

L'indicateur d'IUE correspond à la quantité de matériaux d'emballage utilisés par les établissements de l'IAB et à la valeur des emballages et contenants achetés par dollar de biens produits ($/$). Cet indicateur est inversement proportionnel à l'efficacité et à la performance environnementales, ce qui signifie que plus sa valeur est élevée, plus l'efficacité et la performance environnementales sont faibles. Les établissements étaient regroupés en fonction de leurs caractéristiques communes – même secteur d'activité, même région et même taille telle que déterminée par le nombre d'employés – afin de permettre des

TABLEAU 21-1 Enjeux environnementaux et coût des principaux matériaux d'emballage alimentaire (Marsh et Bugusu, 2007)

Matériau	Enjeux environnementaux		Coût
	Avantages	Inconvénients	
Verre	Réutilisable Recyclable Contient souvent des matières recyclées	Lourd et encombrant à transporter	Matériau peu coûteux en soi mais assez coûteux à transporter
Aluminium	Recyclable Léger Incitation économique à recycler	Aucun inconvénient sous forme rigide Difficile à séparer sous forme laminée	Relativement coûteux mais sa valeur encourage le recyclage
Fer-blanc	Recyclable Magnétique, donc facile à séparer	Plus lourd que l'aluminium	Moins coûteux que l'aluminium
Tôle sans étain	Recyclable Magnétique, donc facile à séparer	Plus lourd que l'aluminium	Moins coûteux que le fer-blanc
Polyoléfines (p. ex. polyéthylène, polypropylène)	Recyclable* Riche source d'énergie pour l'incinération	Facile à recycler sous forme semi-rigide mais plus difficile à identifier et à séparer sous forme de pellicule	Peu coûteux
Polyesters (PET, PETE, polycarbonates, naphtalates de polyéthylène)	Recyclable*, **	Facile à recycler sous forme semi-rigide mais plus difficile à identifier et à séparer sous forme de pellicule	Peu coûteux en soi mais parmi les plastiques plus coûteux
Polychlorure de vinyle (PVC)	Recyclable*	Contient du chlore Doit être séparé des autres déchets	Peu coûteux
Polychlorure de vinylidène	Recyclable*	Contient du chlore Doit être séparé des autres déchets	Peu coûteux en soi mais parmi les plastiques plus coûteux
Polystyrène (PS)	Recyclable*	Doit être séparé des autres déchets	Peu coûteux
Polyamide	Recyclable*	Doit être séparé des autres déchets	Peu coûteux, mais un coût plus élevé parmi les matières plastiques
Éthylène alcool de vinyle (EVOH)	Recyclable*	Doit être séparé des autres déchets	Peu coûteux lorsqu'il est utilisé comme couche mince
Acide polyactique (PLA)	Recyclable*, †	Doit être séparé des autres déchets	Relativement coûteux
Laminés/coextrusions (plastique et plastique/ou aluminium/ou papier)	Permet souvent une réduction à la source	Il faut séparer les couches	Relativement coûteux mais rentable aux fins visées
Papier et carton	Fabriqué à partir de ressources renouvelables Recyclable**		Peu coûteux

* Les thermoplastiques, qui sont tous recyclables en principe, sont recyclés sur le site de production, ce qui aide à réduire les coûts. Comme les matériaux sont peu coûteux, le recyclage post-consommation dépend de la facilité de séparer et de nettoyer les matériaux.

** Une grande partie des matériaux est recyclée en produits non alimentaires.

† Peut être ventilé au niveau des monomères et retraité.

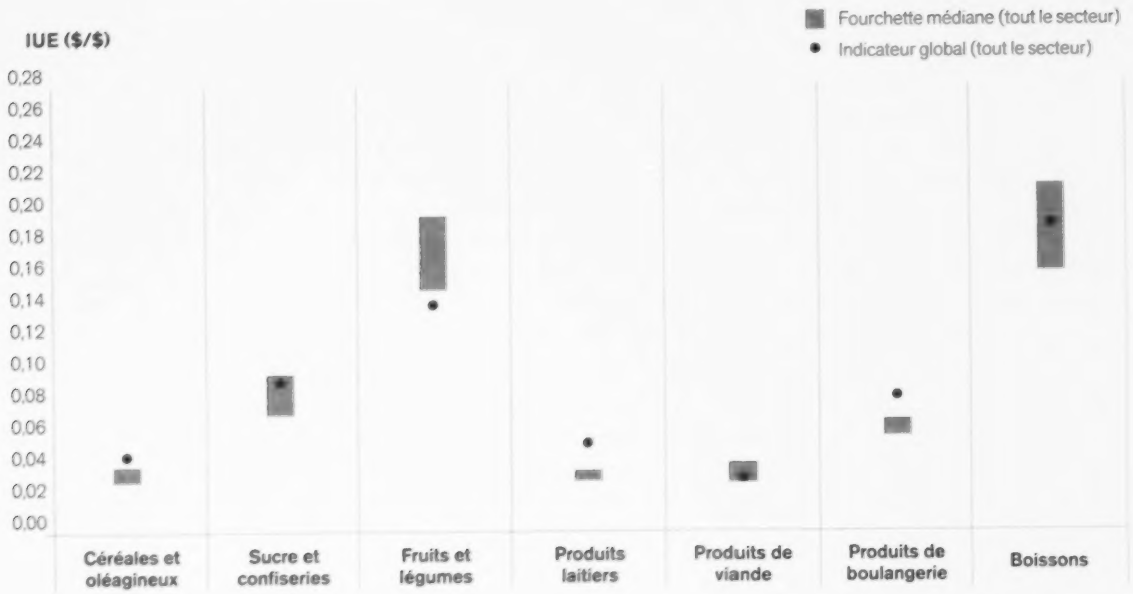


FIGURE 21-1 Intensité d'utilisation des emballages (IUE en $/$) en fonction du secteur et du sous-secteur d'activité, Canada, 2002

comparaisons valables entre les régions (voir le Tableau F-1 du sommaire).

L'indicateur d'IUE, exprimé en dollars par dollar ($/$) ou en dollars par tranche de cent dollars ($/100 $), est calculé pour chaque groupe selon deux méthodes différentes :

- On obtient l'indicateur global en faisant le total des matériaux d'emballage achetés par les établissements de chaque groupe puis en divisant le résultat par la valeur totale des ventes du groupe. Ce calcul donne une bonne idée du groupe dans son ensemble, mais il ne permet pas de connaître la performance d'une usine donnée par rapport à celle du groupe.
- On calcule aussi la fourchette médiane afin de déterminer l'ampleur des gains d'efficacité réalisés à l'intérieur des groupes. Pour ce faire, on calcule l'IUE pour chaque établissement puis on classe les résultats par ordre croissant de valeur. La tranche de 40 p. 100 la plus faible est considérée comme ayant un rendement *supérieur à la moyenne*, la tranche de 40 p. 100 la plus élevée est considérée comme ayant un rendement *inférieur à la moyenne* et le reste des établissements, comme ayant un rendement *moyen*. La fourchette du groupe moyen correspond à la fourchette médiane dans laquelle se situerait une usine représentative du groupe.

Limites

L'indicateur est calculé par *valeur* plutôt que par *volume* de produit fabriqué, ce qui aurait donné une meilleure idée de l'écoefficacité (Arcand et coll., 2005) mais sur lequel il y avait peu de données disponibles. Il est également impossible d'analyser les tendances pour le moment, et les seules données disponibles se rapportent à l'année repère (2002). Enfin, l'indicateur d'IUE ne fait que des suppositions au sujet de l'impact environnemental des produits d'emballage; il ne fait pas un calcul explicite fondé sur les quantités d'emballage ou sur les facteurs d'impact environnementaux.

Résultats et interprétation

ÉCHELLE NATIONALE

La Figure 21-1 présente les valeurs de l'indicateur d'IUE à l'échelle du Canada pour tous les secteurs et sous-secteurs déclarés, sans égard à la taille des établissements.

Les valeurs affichées par les secteurs des fruits et légumes et des boissons (qui sont jusqu'à six ou sept fois plus élevées que celles des secteurs qui font une utilisation moins intensive des matériaux d'emballage) peuvent s'expliquer par les contenants utilisés par ces deux groupes. Le secteur des fruits et légumes utilise des contenants en métal (canettes en acier) ou en verre dans la production des produits non congelés (environ la moitié de ses livraisons totales). Ces contenants sont coûteux par rapport aux emballages en plastique moins complexes. Les jus de fruits ou légumes frais sont souvent conditionnés dans des emballages composites sophistiqués tels que des cartons laminés multicouches, y compris les pellicules d'aluminium et de plastique, dont le coût en proportion du coût du produit final est plus élevé que pour les bouteilles et bidons en plastique. L'indicateur global de l'IUE se situe au-dessous de la fourchette médiane pour le secteur des fruits et légumes. Ceci signifie que quelques

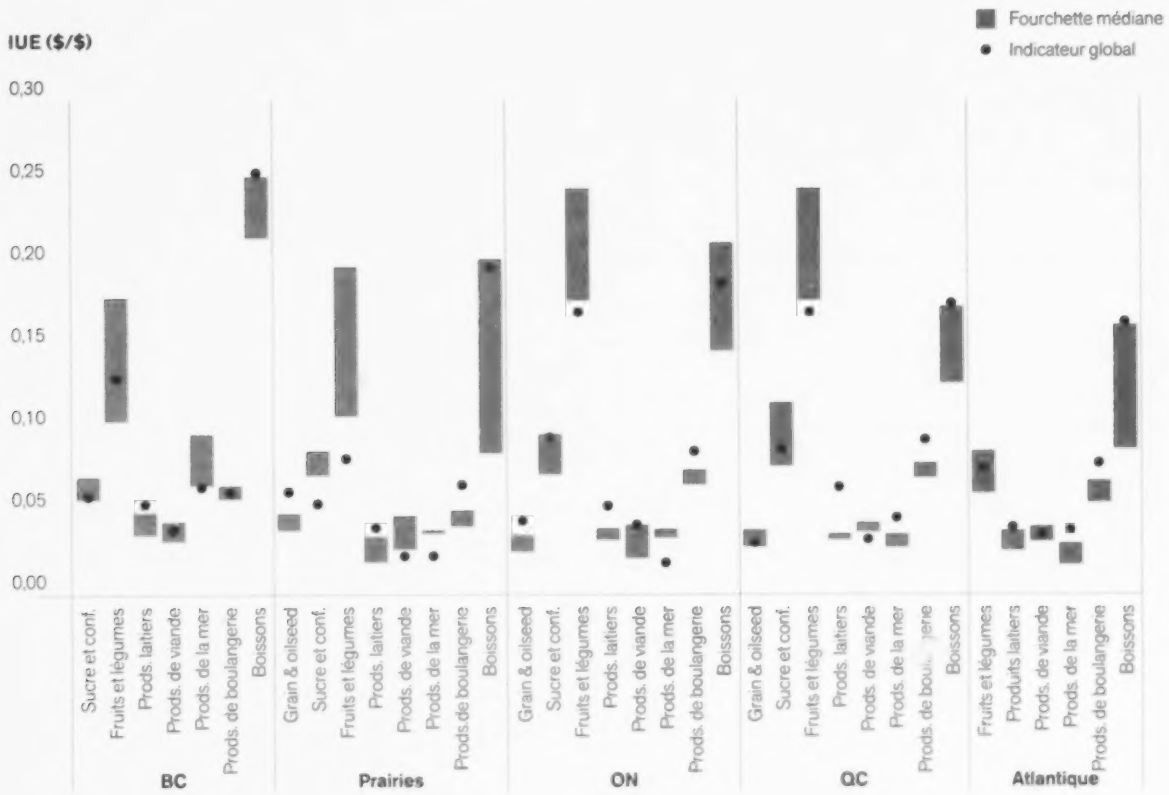


FIGURE 21-2: **Intensité d'utilisation des emballages (IUE en $/$) par secteur d'activité et par région, 2002**

grands établissements dépensent moins pour les matériaux d'emballage que les usines typiques de ce secteur.

Le secteur des boissons utilise des contenants en verre (bouteilles) ou en métal (canettes ou fûts en aluminium) pour toutes les boissons alcoolisées et pour de nombreuses autres boissons non emballées dans des bouteilles en plastique, ce qui signifie que le coût de l'emballage peut représenter jusqu'à près de 20 p. 100 du coût de production.

Les valeurs élevées de l'IUE dans le secteur des fruits et légumes sont principalement attribuables à la mise en conserve, au marinage et au séchage des fruits et légumes. Il existe de grandes différences économiques dans l'industrie des boissons, car les produits des brasseries, des vineries et des distilleries sont plus coûteux que les boissons gazeuses, ce qui réduit beaucoup leur IUE. Le système de consignation des bouteilles de bière réutilisables en verre, en vigueur dans toutes les provinces (Comeau, 2005), réduit sensiblement le coût des emballages pour les brasseries.

Comme la valeur typique des coûts d'emballage correspond à environ 3 p. 100 ou 4 p. 100 de la valeur du produit fini, le secteur des produits laitiers dans son ensemble affiche une faible IUE. C'est pourtant un des seuls secteurs alimentaires (avec le secteur des produits de boulangerie et tortillas) où la valeur globale de l'IUE est sensiblement plus élevée que la fourchette médiane (d'au moins 40 p. 100). Ceci peut s'expliquer par le fait que quelques-uns des gros fabricants (pour ce qui est de la valeur des livraisons) affichent une IUE plus élevée que la moyenne. La comparaison de l'indicateur global et de la fourchette médiane montre que ces établissements pourraient améliorer leur éco-efficacité et réduire leur IUE.

L'IUE du secteur des produits de boulangerie se situe à un niveau intermédiaire. Le fait que l'indicateur global est supérieur à la fourchette médiane est principalement attribuable aux sous-secteurs des biscuits et craquelins, qui utilisent souvent des emballages multiples – par opposition aux boulangeries commerciales et de détail, dont les emballages sont plus simples.

PROVINCES

Les détails par région (province ou groupe de provinces) de l'indicateur d'IUE sont présentés à la Figure 21-2.

Colombie-Britannique

La Colombie-Britannique figure parmi les régions qui font l'utilisation la moins intensive des emballages dans le secteur du sucre et des confiseries, ce qui s'explique par la prédominance

du sous-secteur de la fabrication de sucre dans cette province. À l'inverse, la province affiche un indicateur d'IUE sensiblement plus élevé que toute autre région dans le secteur des produits de la mer. L'indicateur global est de 50 p. 100 plus élevé qu'au Québec, et plus de trois fois plus élevé qu'en Ontario. De plus, une usine typique dans ce secteur fait une utilisation au moins trois fois plus intensive des emballages qu'une usine typique dans n'importe quelle autre région. En Colombie-Britannique, le secteur des produits de la mer est axé sur la mise en conserve du saumon, ce qui signifie qu'une grande partie des emballages achetés sont des canettes en acier ou en aluminium, qui coûtent cher, tandis que, dans les provinces de l'Atlantique et au Québec, cette industrie est dominée par les fruits de mer, qui peuvent être conditionnés dans des matériaux d'emballage plus simples et moins coûteux et dont le prix de vente est beaucoup plus élevé.

Dans le secteur des boissons, la Colombie-Britannique se distingue comme étant la province qui fait l'utilisation la plus intensive des emballages. Ceci pourrait être dû au fait que la Colombie-Britannique conditionne surtout ses bières dans des canettes ou des fûts plutôt que dans des bouteilles en verre à remplissages multiples comme dans d'autres régions, ce qui fait augmenter les coûts d'emballage. En 2002, les bouteilles représentaient seulement 26,1 p. 100 de la bière vendue en Colombie-Britannique, contre 47,5 p. 100 dans les provinces des Prairies, 76,9 p. 100 dans les provinces de l'Atlantique, 77,2 p. 100 en Ontario, 85,1 p. 100 au Québec et 68,1 p. 100 en moyenne à l'échelle du Canada (Association des brasseurs du Canada, 2007).

Provinces des Prairies

Comme la Colombie-Britannique, les provinces des Prairies affichent une faible IUE dans le secteur du sucre et des confiseries. Elles enregistrent aussi la plus faible intensité dans le secteur des produits de viande, qui est un des principaux moteurs économiques de l'IAB dans les Prairies. Il en va de même dans le secteur des fruits et légumes, où la région affiche un indicateur global de 8 $/100 $. Cette faible intensité semble toutefois découler de quelques usines au chiffre de ventes plus élevé puisque, comme le montre la fourchette médiane, l'intensité d'une usine typique à performance moyenne varie entre 11 $/100 $ et 20 $/100 $. Les grosses usines pourraient bénéficier des matériaux d'emballage moins coûteux dans les secteurs des fruits et légumes, du sucre et des confiseries, des produits de viande et des produits de la mer. C'est l'inverse dans le secteur des céréales et oléagineux, où la position supérieure de l'indicateur global pourrait révéler que quelques-unes des usines au chiffre de ventes plus élevé font une utilisation plus intensive des emballages que les usines à performance moyenne.

Ontario et Québec

L'Ontario se classe parmi les premières provinces dans presque tous les secteurs de l'IAB canadienne, en ce qui concerne non seulement le nombre d'établissements mais aussi la production. Il n'est donc pas étonnant de voir que les valeurs sectorielles nationales présentées à la Figure 21-1 ressemblent beaucoup à celles de l'Ontario, à la fois pour l'indicateur global et pour la fourchette médiane. La principale exception est le secteur des produits de la mer, où les établissements ontariens, contrairement aux usines de traitement des régions côtières, assurent surtout le traitement secondaire de matières importées. Font aussi exception, mais dans une moindre mesure, les secteurs des produits de viande et des fruits et légumes, où la prédominance de l'Ontario est moins marquée parce que la production est partagée avec d'autres provinces. Dans le secteur des fruits et légumes, c'est l'Ontario et le Québec qui achètent le plus de matériaux d'emballage. Les usines à performance moyenne peuvent dépenser jusqu'à 25 $ en emballage pour 100 $ de production, ce qui représente un investissement substantiel. Comme le montre la Figure 21-1, ce niveau élevé d'intensité est caractéristique des sous-secteurs de la mise en conserve et du marinage, et 75 p. 100 du secteur ontarien des fruits et légumes exerçait de telles activités en 2002 (Statistique Canada, 2008b).

La Figure 21-2 confirme l'effet de la concentration économique dans le secteur des produits laitiers. En 2002, l'Ontario et le Québec représentaient ensemble plus de 74 p. 100 des livraisons du secteur canadien des produits laitiers (Statistique Canada, 2006) et près de 60 p. 100 des établissements. L'effet de concentration est particulièrement marqué dans ce secteur, où trois sociétés (ou 15 p. 100 des établissements) détiennent 75 p. 100 du marché (Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2005). Ces établissements très productifs influencent l'indicateur global. En effet, l'IUE global dans le secteur des produits laitiers se situe au-dessus de la fourchette médiane, principalement parce que les grandes sociétés ont tendance à produire plus de produits de spécialité vendus dans des emballages sophistiqués.

Provinces de l'Atlantique

L'indicateur global des provinces de l'Atlantique dans le secteur des fruits et légumes, qui se situe un peu au-dessous de 8 $/100 $, est le plus faible au pays. La fourchette médiane, plutôt étroite, est en accord avec cette valeur. Il est donc probable que toutes les usines de ce secteur dans la région de l'Atlantique ont des besoins semblables en matière d'emballage, à condition que leur production se compare sur le plan qualitatif. La région peut aussi servir de point repère pour les autres provinces dans ce secteur, en supposant des modèles de production semblables. Malheureusement, le manque de données désagrégées sur l'importance relative des sous-secteurs des fruits et légumes dans les provinces de l'Atlantique ne permet pas de tirer de telles conclusions.

Mesures d'intervention possibles

Les fabricants de produits alimentaires ayant pour principal objectif de réduire les coûts d'emballage et de transport tout en maintenant la qualité des produits vendus, la quantité de matériaux entrant dans la composition d'un contenant standard a beaucoup baissé au cours des dernières décennies (Boissons

rafraîchissantes Canada, 2008; Marsh et Bugusu, 2007). L'industrie peut intervenir en réduisant la quantité de matériaux requis pour emballer une quantité donnée de produit fini. Une telle approche est toutefois limitée par les exigences minimales de protection pour un produit donné dans le système de distribution. Ces normes doivent être respectées. Une autre option est de réduire les matériaux d'emballage secondaires en modifiant l'emballage. On peut aussi choisir des matériaux dont l'impact environnemental est plus faible – soit les mêmes matériaux qui ont un contenu recyclé plus élevé ou qui sont produits à l'aide de procédés plus propres, soit de nouveaux matériaux dont l'empreinte écologique est plus légère. L'industrie peut être influencée dans cette direction par les distributeurs et les consommateurs qui, grâce à leur pouvoir d'achat, peuvent demander une empreinte écologique réduite.

La réduction des déchets d'emballage de l'IAB est un enjeu complexe. La gestion des enjeux environnementaux liés aux matériaux d'emballage ne peut pas se limiter à en réduire la quantité, car cette approche risque d'entraîner des pertes et de produire ainsi un impact plus négatif que positif (Erlov *et coll.*, 2000). Le véritable défi consiste à choisir les matériaux et à concevoir les emballages qui ont moins d'effets sur l'environnement, en tenant compte des étapes de fabrication de chaque matériau, des exigences minimales du système d'emballage et de distribution, et de l'impact des déchets d'emballage. En fin de compte, c'est le consommateur qui prend la décision d'achat et qui génère les déchets locaux. Une des responsabilités des gouvernements et des autorités locales est d'éduquer le public sur les déchets d'emballage. On pourrait aussi guider les choix des consommateurs en imprimant des informations concernant l'impact environnemental sur les emballages des produits.

Un consensus se dégage dans les milieux politiques et scientifiques, selon lequel la meilleure façon d'aborder les matériaux d'emballage et les enjeux environnementaux connexes consisterait à examiner le cycle de vie. L'*analyse du cycle de vie*, qui survient à l'étape du recensement des données, prend du temps et exige donc un investissement substantiel. Mais elle finit par se rentabiliser et souvent par porter fruit au cours des analyses subséquentes de produits semblables. En outre, l'analyse du cycle de vie ne se limite pas aux évaluations environnementales, car elle peut aussi servir à examiner les coûts du cycle de vie d'un produit emballé. On pourrait utiliser cette technique pour améliorer l'indicateur actuel d'IUE de façon à permettre une ventilation par type d'emballage. Il faudrait donc pondérer chaque type de matériau d'emballage sur le marché par un facteur de pression environnemental qui tiendrait compte des impacts directs et indirects de chaque matériau d'emballage et des scénarios de gestion des déchets d'emballage.

Références

Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) (2005). *Profil de l'industrie laitière canadienne*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www4.agr.gc.ca/resources/prod/doc/dairy/pdf/idf_profile_fr.pdf

Arcand Y., Maxime, D. et Marcotte, M. (2005). Déchets d'emballage et résidus organiques solides. Dans A. Lefebvre, W. Eilers, et B. Chunn (éd.). *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux – Rapport nº 2* (p. 184-187). Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://dsp-psd.pwgsc.gc.ca/Collection/A22-201-2005F.pdf

Association des brasseurs du Canada. (2007). *Bulletin statistique annuel 2007*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.brewers.ca/UserFiles/Documents/pdfs/fr/ASB 2007/Brewers_ASB_2007_Fre.pdf

Boissons rafraîchissantes Canada. (2008). *Les boissons et l'environnement : À propos des emballages de boissons*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.refreshments.ca/fr/environment/beverages_environment.asp

Comeau, M. (2005). *La gestion des contenants de boissons au Québec. Évaluation du marché et analyse des options de récupération*. Québec (Qc), Canada, Recyc-Québec (La Société québécoise de récupération et de recyclage). Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/publications/consigne/EtudeContBoissons.pdf

Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). (1990). *Protocole national sur l'emballage*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.ccme.ca/assets/pdf/napp_fr.pdf

Conseil canadien des ministres de l'Environnement (CCME). (1996). *Enquête nationale sur l'emballage – Les résultats de 1996*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.ccme.ca/assets/pdf/resultats_1996.pdf

Downham, J. (2008). Présentation sur les problèmes associés à l'emballage au *forum de la Ville de Toronto sur la réduction des déchets d'emballage*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.toronto.ca/garbage/packagingforum/pdf/1_downham_pac_na08_cot_jd_speech_6up.pdf (en anglais seulement)

Dworkin, L. (2006). Présentation sur l'industrie canadienne de l'emballage, Section 4.2. Dans Marbek Resource Consultants Ltd., *Atelier national sur la responsabilité élargi des producteurs (REP) : Rapport final* (p. 11-12). Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.ccme.ca/assets/pdf/epr_wkshp_rpt_1377_f.pdf

Environnement Canada. (2007). *Rapport d'inventaire national 1990-2005 : sources et puits de gaz à effet de serre au Canada*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.ec.gc.ca/pdb/ghg/inventory_report/2005_report/tdm-toc_fra.cfm

Erlov L., Löfgren, C., et Sörås, A. (2000). *Packaging: A tool for the prevention of environmental impact. Report no. 194*. Kista, Suède, Foundation Packforsk.

Marsh, K. et Bugusu, B. (2007). Food packaging: Roles, materials, and environmental issues. *Journal of Food Science*. 72 R39-R55.

R.W. Beck Inc. (2002). *Understanding beverage container recycling: A value chain assessment prepared for the multi-stakeholder recovery project*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://74.125.155.132/search?q=cache:1owuDp5EkI0J:www.

container-recycling.org/assets/ppt/TreasureInTrash.ppt+Understanding+Beverage+Container+Recycling:+A+Value+Chain+Assessment+prepared+for+the+Multi-Stakeholder+Recovery+Project&cd=1&hl=en&ct=clnk&gl=ca (en anglais seulement)

Recyc-Québec. (2007). *Bilan 2006 sur la gestion des matières résiduelles au Québec*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.recyc-quebec.gouv.qc.ca/upload/Publications/Bilan2006.pdf

Statistique Canada. (2006). *CANSIM, Tableau 301-0006 : Statistiques principales pour les industries manufacturières, selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN), annuel*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&RootDir=CII/&ResultTemplate=CII/CII____&Array _Pick=1&ArrayId=3010006

Statistique Canada. (2008a). *EnviroStats*, 2(3):18 (Tableau 3). Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www.statcan.gc.ca/pub/16-002-x/16-002-x2008003-fra.pdf

Statistique Canada. (2008b). *CANSIM, Tableau 301-0003 : Enquête annuelle des manufactures (EAM), statistiques principales selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (SCIAN)*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&RootDir=CII/&ResultTemplate=CII/CII____&Array_Pick=1&ArrayId=3010003

Statistique Canada. (2008c). *CANSIM, Tableau 153-0045 : Caractéristiques des administrations publiques de l'industrie de la gestion des déchets*. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://cansim2.statcan.ca/cgi-win/cnsmcgi.pgm?Lang=F&RootDir=CII/&ResultTemplate=CII/CII____&Array_Pick=1&ArrayId=1530045

Stewardship Ontario. (2006). *Ontario blue box markets overview: 2003/2004 blue box materials generated and municipally marketed, mass balance report*. Toronto (Ont.), Canada.

Stewardship Ontario. (2007). *Ontario generation and recovery of blue box materials by demographic type (based on waste compositions study results)*. Toronto (Ont.), Canada.

Union européenne. (2004). *Directive 2004/12/CE du Parlement européen et du Conseil du 11 février 2004 modifiant la directive 94/62/CE relative aux emballages et aux déchets d'emballages*. Déclaration du Conseil, de la Commission et du Parlement européen. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32004L0012:FR:HTML

Comment relier science et politique

22 Recours à la modélisation intégrée
23 Évaluation économique

22 Recours à la modélisation intégrée

AUTEUR
H. Morand

Sommaire

Avant de procéder à l'élaboration et à l'évaluation de politiques, il est essentiel de bien comprendre les répercussions économiques et environnementales des changements que l'on propose d'apporter aux politiques et aux programmes agricoles canadiens. Pour ce faire, il faut mettre en relation la science et les outils d'analyse de politiques. Agriculture et Agroalimentaire Canada (AAC) a eu recours à une démarche pluridisciplinaire afin d'élaborer ce type de modélisation intégrée qui fait le lien entre le Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada (MARAC), qui est un modèle de politique, et des modèles biophysiques tels que les indicateurs agroenvironnementaux.

Ces dernières années, cette méthode d'analyse scientifique s'est avérée très utile pour analyser les politiques agricoles, par exemple, pour évaluer les diverses stratégies possibles de réduction des gaz à effet de serre (GES), l'objectif étant de faciliter le choix d'objectifs quantitatifs de rendement environnemental qui soient conformes au *Cadre stratégique pour l'agriculture* (CSA) et d'évaluer les impacts environnementaux des scénarios de libéralisation économique dans le cadre des négociations de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) sur l'agriculture. Bien que la demande pour ce type d'analyse soit en hausse, il reste encore de nombreuses questions à régler en ce qui concerne la méthode.

Introduction

Les indicateurs agroenvironnementaux (IAE) donnent une perspective historique du rendement environnemental du secteur agricole. Toutefois, pour que le secteur puisse gérer ses ressources naturelles de façon durable sur les plans environnemental, social et économique, il importe de bien comprendre les répercussions économiques et environnementales des changements que l'on propose d'apporter aux politiques et aux programmes agricoles, de même que la façon de produire des résultats qui soient conformes aux objectifs du gouvernement.

Le gouvernement se doit d'établir un pont entre la science et le processus d'élaboration des politiques. La science produit des données quantitatives fiables sur les répercussions environnementales des politiques et elle appuie les outils analytiques permettant d'intégrer ces données dans le processus décisionnel. Dans le contexte actuel, cela signifie qu'il faut intégrer les modèles d'indicateurs agroenvironnementaux dans les modèles de politiques. Une fois intégrés, ces modèles serviront ensuite à évaluer les programmes et politiques en vigueur sur le plan de leur rendement économique et environnemental ainsi qu'à estimer ou à prévoir les retombées économiques et environnementales des projets de programmes et de politiques.

Comment relier science et politique

L'établissement d'un système de modélisation intégrée requiert la participation de plusieurs acteurs, notamment les chercheurs et les économistes. Chez AAC, le système de modélisation intégrée économique et environnementale qui est en cours d'élaboration met en relation les modèles économiques et biophysiques aux échelles locale, régionale et mondiale (figure 22-1). Le processus commence par l'établissement de modèles économiques (éléments en bleu dans la figure 22-1) qui permettent d'estimer les changements dans les ressources affectées à la ferme (cultures et bétail) par rapport à un niveau de base et selon divers scénarios. Cette information sert ensuite de donnée d'entrée dans les *modèles biophysiques* (éléments en vert dans la figure 22-1), lesquels permettent d'évaluer les éventuelles répercussions environnementales.

Le principal modèle économique employé par AAC est le Modèle d'analyse régionale de l'agriculture du Canada

FIGURE 22-1 Éléments du système de modélisation intégrée économique environnementale

(MARAC) (Horner et coll., 1992). Le MARAC permet d'évaluer les changements dans l'affectation des ressources selon diverses activités de culture et d'élevage qui seront entreprises en réponse à l'évolution de la technologie, des politiques et programmes gouvernementaux ou des conditions des marchés. Les activités prises en compte par ce modèle portent sur les céréales et les oléagineux, la culture fourragère, le bœuf, le porc, les produits laitiers et la volaille. Les biocarburants, qui sont un produit à valeur ajoutée des céréales et oléagineux, sont nouvellement pris en compte dans le MARAC.

Au fil des ans, le MARAC a été mis en relation avec divers modèles biophysiques en fonction de l'objet de son utilisation et des questions à l'étude. Le modèle de simulation *Environmental Policy Integrated Climate* (EPIC) a servi à prévoir les rendements agricoles, lesquels ont ensuite été intégrés au MARAC afin d'évaluer les répercussions économiques à moyen et à long termes des changements climatiques. Les IAE sont des modèles scientifiques permettant de faire le suivi des tendances quant au rendement environnemental du secteur agricole. Ils ont servi à analyser les répercussions sur l'eau, le sol et la biodiversité, des changements dans les activités de production qui découlent de l'évolution de la technologie, des politiques ou des conditions des marchés. Le Modèle canadien de planification économique et d'émissions pour l'agriculture (MCPEEA) (Kulshreshtha et coll., 2002) se veut un lien entre le MARAC et un indicateur d'émissions de GES et il permet d'évaluer l'apport potentiel du secteur agricole aux politiques d'atténuation des changements climatiques. Enfin, le Modèle d'analyse régionale de l'utilisation de l'eau au Canada (CRAWUM) a pour but d'évaluer la demande totale en eau de la part du secteur agricole selon les régions et les sous-secteurs.

Applications de la modélisation intégrée

Le système de modélisation intégrée économique et environnementale a été créé afin de permettre à AAC d'évaluer les conséquences économiques et environnementales de l'érosion éolienne et de l'érosion hydrique dans les Prairies (Bouzaher et coll., 1996). Après avoir amélioré la méthode, AAC s'en est ensuite servi pour procéder à une analyse environnementale du Programme fédéral-provincial d'assurance-récolte à l'échelle du Canada (MacGregor et coll., 1998).

Ensuite, l'accent a été mis sur les changements climatiques. Le MARAC et le MCPEEA ont été utilisés afin d'analyser les diverses stratégies possibles de réduction des GES à l'appui des travaux de la Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique (Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique, 2000), d'élaborer des programmes de réduction des GES pour le secteur de l'agriculture et aux fins des négociations internationales (CCNUCC, 2000), et d'élaborer un plan national sur le changement climatique pour le Canada. Les résultats de cette phase des travaux ont joué un rôle fondamental pour ce qui est d'inclure la notion de puits de carbone des sols agricoles dans le Protocole de Kyoto.

Au début des années 2000, le système de modélisation intégrée économique et environnementale a servi à définir les cibles et objectifs environnementaux aux termes du volet Environnement du CSA (Heigh et coll., 2005). L'analyse ne portait que sur les modèles existants d'IAE de portée nationale pouvant être mis en relation avec le MARAC (érosion hydrique et érosion éolienne, azote résiduel dans le sol, indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote, émissions de gaz à effet de serre, carbone dans le sol, disponibilité de l'habitat faunique). L'étude a permis d'arrêter des objectifs environnementaux raisonnables en donnant une indication de l'éventail des résultats réalisables selon divers taux d'adoption et pour chacune des pratiques de gestion bénéfiques (PGB).

La science produit des données quantitatives fiables sur les répercussions environnementales des politiques et elle appuie les outils analytiques permettant d'intégrer ces données dans le processus décisionnel.

Dernièrement, AAC a eu recours à la modélisation intégrée afin de procéder à une analyse des répercussions environnementales régionales de deux scénarios de libéralisation du commerce tenant compte des réalités du pays et qui représentent des cas extrêmes de propositions de commerce multilatéral soumises à l'OMC. Le premier scénario prévoyait une prolongation de l'Accord d'Uruguay sur l'agriculture, qui appelle à une réduction de 36 p. 100 de tous les tarifs applicables aux aliments et aux produits agricoles dans les pays développés – 24 p. 100 dans le cas des pays en développement –, une réduction de l'aide intérieure de l'ordre de 20 p. 100 dans les pays développés et de 14 p. 100 dans les pays en développement, ainsi qu'une réduction des subventions à l'exportation de 36 p. 100 dans les pays développés et de 24 p. 100 dans les pays en développement. Le second scénario prévoyait la libéralisation complète des échanges multilatéraux, c'est-à-dire l'abolition complète de l'ensemble des mesures de politique agricole et agroalimentaire – tarifs, aide intérieure et subventions à l'exportation – dans les pays développés et les pays en développement.

Au Canada, les résultats de la simulation des répercussions économiques effectuée selon ces scénarios indiquent une augmentation de moins de 2 p. 100 de la production de cultures arables et de l'utilisation de produits chimiques, tandis que l'intensité de l'utilisation de produits chimiques augmenterait elle aussi, mais pas plus de 5 p. 100. En ce qui concerne les

répercussions environnementales, l'analyse indique que la libéralisation complète des échanges multilatéraux entraînerait une hausse des émissions de GES et une légère détérioration du bilan global en azote, ainsi qu'une faible diminution de l'érosion des sols. Les effets d'une libéralisation partielle étaient semblables mais moins importants (figure 22-2).

Ces travaux ont été utilisés aux fins de l'analyse environnementale effectuée dans le cadre des négociations commerciales multilatérales de Doha et ils ont été inclus à titre de l'une des deux seules études de cas nationales dans un rapport de l'Organisation de coopération et de développement économiques portant sur les liens entre l'agriculture, les échanges et l'environnement (OCDE, 2005).

Limites et orientation future des modèles

Les modèles analytiques fondés sur des critères scientifiques solides se sont avérés très utiles à des fins d'élaboration et d'évaluation, et la demande pour ce type d'analyse va croissant. Toutefois, leur élaboration n'est pas terminée, car ils comportent des lacunes sur les plans des ressources, des données, des modèles et des aspects scientifiques et spatiaux, qui ne sont pas encore corrigées. Sont décrites ci-après quelques-unes des principales limites liées à la capacité actuelle d'effectuer ce type de modélisation intégrée, de même que l'orientation future envisagée pour ce travail.

En tant qu'outil de politique, le MARAC repose sur des frontières politiques qui sont dictées par la disponibilité des données économiques. Pourtant, les questions environnementales sont locales par nature, et c'est pourquoi les IAE se fondent sur des régions écologiques beaucoup plus petites (polygones de pédo-paysages du Canada [PPC]). Par conséquent, il faut ramener les résultats du MARAC à l'échelle des PPC, de façon que les scénarios de méthodes de culture et de gestion tirés du modèle de politique puissent être assignés à des endroits précis du paysage. À l'heure actuelle, cela s'effectue en supposant l'existence d'une distribution uniforme. Afin de corriger ce problème, un modèle d'affectation des usages des sols est actuellement en cours d'élaboration (Touré et coll., 2007).

Les modèles intégrés disponibles limitent le choix des scénarios et des indicateurs agroenvironnementaux utilisés jusqu'ici dans les analyses. C'est pourquoi ces analyses ne prennent pas en compte certaines options importantes de gestion agricole (la gestion du fumier, par exemple). Dans le même ordre d'idées, la capacité des chercheurs d'analyser les répercussions économiques à la ferme des scénarios de gestion de l'environnement est limitée par le manque de données économiques pertinentes. Pour bon nombre de scénarios, on a imposé des hypothèses éclairées au sujet des taux d'adoption de PGB, de sorte que les résultats ne découlent pas des aspects économiques du modèle de politique. Enfin, le système de modélisation intégrée en vigueur ne prend pas en compte les liens de rétroaction existant entre les volets économique et environnemental, en ce sens que les résultats des scénarios du modèle de politique sont utilisés comme données d'entrée dans les modèles des IAE afin d'évaluer les répercussions environnementales, mais pas l'inverse (des changements dans

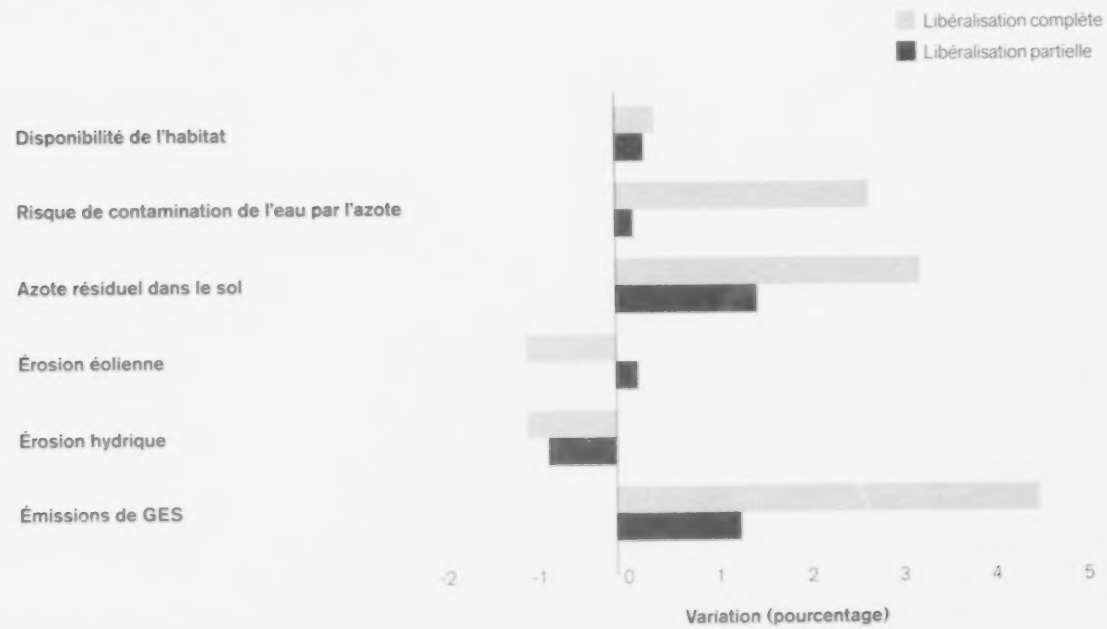


FIGURE 22-2 Effets sur l'environnement des scénarios de libéralisation du commerce

les indicateurs environnementaux pourraient avoir des conséquences économiques).

L'élaboration d'un système de modélisation intégrée et d'un programme de formation connexe aux fins de l'analyse de politiques est un processus continu. Les améliorations que l'on propose d'apporter au MARAC prévoient des modules relativement à la production d'éthanol cellulosique et à la disponibilité de l'eau, ainsi qu'une résolution spatiale supérieure dans le cas des activités d'élevage. Comme les modèles d'IAE existants sont régulièrement mis à jour et que de nouveaux modèles sont mis au point, les liens existant entre le MARAC et les IAE nécessiteront des ajustements périodiques et, parallèlement, la création d'une interface informatique entièrement automatisée afin de faciliter l'utilisation des IAE par les modélisateurs. Enfin, il faudra, dans l'avenir, estimer le degré d'incertitude lié aux résultats des modèles afin de pouvoir prendre des décisions éclairées en matière de politiques.

Les modèles intégrés économiques et environnementaux permettent d'évaluer les répercussions environnementales des programmes et politiques agricoles en unités physiques (par exemple, l'érosion du sol est mesurée en tonnes/ha/année, et les émissions de GES, en tonnes/année), et de quantifier leurs conséquences économiques pour les producteurs. Toutefois, pour que l'analyse avantages-coûts soit complète, il faut d'abord attribuer une valeur monétaire à ces répercussions environnementales avant de pouvoir effectuer une analyse comparative des conséquences économiques et environnementales. Cette évaluation monétaire des changements biophysiques fait actuellement l'objet d'une étude dans le cadre du volet Évaluation agroenvironnementale du PNARSA (se reporter au chapitre 23).

Chez les décideurs, la demande pour ce type d'analyse intégrée va croissant. Voici des exemples d'applications actuelles et futures du système de modélisation intégrée économique et environnementale :

- achever l'analyse des impacts environnementaux des programmes de gestion des risques de l'entreprise du CSA, tels que le Programme canadien de stabilisation du revenu agricole et le Programme d'assurance-production;
- procéder à une analyse des impacts environnementaux de la stratégie du Canada en matière de biocarburants, ce qui comprend la production d'éthanol de deuxième génération;
- s'attaquer aux changements climatiques en analysant diverses stratégies de réduction plus ambitieuses dans le contexte d'un marché du carbone, ainsi que les impacts environnementaux des changements climatiques sur le secteur agricole et les stratégies d'adaptation possibles;
- évaluer diverses options de politiques favorisant la fourniture de services d'écosystème dans les terres agricoles;
- procéder à l'analyse environnementale stratégique des politiques et programmes agricoles afin de répondre aux obligations législatives.

Références

bouzaher, A., J.F. Shogren, D. Holtkamp, P. Gassman, D. Archer, P. Lakshminarayan, A. Carriquiry, R. Reese, D. Kakani, W.H. Furtan, R.C. Izaurralde et J. Kiniry. *Agricultural Policies and Soil Degradation in Western Canada: An AgroEcological Economic Assessment*, 1996. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://ideas.repec.org/p/ias/cpaper/96-sr83.html (en anglais seulement).

Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC). *Proposals Related to Kyoto Protocol Articles 3.3 and 3.4*, Lyon, France, Secrétariat de la CCNUCC, 2000.

Heigh, L., B. Junkins, R.J. MacGregor, R. Gill, J. Heigh, T. Huffman, J. Yang, L. van Vliet, G. Padbury et M. Boehm. *Analyse quantitative de l'incidence des stratégies de gestion agricole sur les indicateurs environnementaux*, 2005. Téléchargé le 4 juillet 2009 depuis http://www4.agr.gc.ca/AAFC-AAC/display-afficher.do?id=1196194588007&lang=fra.

Horner, G.L., J. Corman, R.E. Howitt, C.A. Carter et R.J. MacGregor. *The Canadian Regional Agriculture Model Structure, Operation and Development*, Ottawa (Ontario), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1992.

Junkins, B. « Comment relier science et politique », dans A. Lefebvre, W. Eilers et B. Chunn (éd.), *L'agriculture écologiquement durable au Canada : Série sur les indicateurs agroenvironnementaux*, Ottawa (Ontario), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2005, p. 36-39.

Kulshreshtha, S.N., R. Gill, B. Junkins, R. Desjardins, M. Boehm et M. Bonneau. *Canadian Economic and Emissions Model for Agriculture (C.E.E.M.A. 2.0): Technical Documentation*, Saskatoon (Saskatchewan), Canada, Université de la Saskatchewan, 2002.

MacGregor, R.J., J. Giraldez, I. Campbell, G. Wall, B. Junkins, R. Gill, I. Shelton, B. Stephen et G. Padbury. *Programme fédéral-provincial d'assurance-récolte : une évaluation intégrée écolo-économique*, Ottawa (Ontario), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 1998.

Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE). *Agriculture, échanges et environnement : Le secteur des grandes cultures*, Paris, 2006.

Table de concertation de l'agriculture et de l'agroalimentaire sur le changement climatique. *Rapport sur les options : réduire les émissions de gaz à effet de serre issues de l'agriculture canadienne*, Ottawa (Ontario), Canada, Agriculture et Agroalimentaire Canada, 2000.

Touré, S., S. Gameda, H. Morand, T. Huffman et D.J. Kroetsch. « A tool for integrating biophysical to policy models », dans M. Donatelli, J. Hatfield et A. Rizzoli (éd.), *Farming systems design 2007: International symposium on methodologies on integrated analysis of farm production systems*, Catania, Italie, Agriculture Research Council, p. 167-168.

23 Évaluation économique

AUTEUR
M. Straub

Introduction

les indicateurs agroenvironnementaux (IAE) présentés dans ce rapport évaluent et font connaître les tendances liées au rendement environnemental du secteur de l'agriculture qui découlent des changements apportés aux pratiques d'utilisation et de gestion des terres. La capacité de modélisation intégrée (chapitre 22) a permis d'accroître la valeur de ces indicateurs en les utilisant pour prévoir les résultats environnementaux de l'évolution des conditions du marché ou des politiques gouvernementales. L'utilisation des indicateurs dans l'élaboration des politiques continue toutefois de poser un problème, car il est difficile de présenter des mesures biophysiques sous une forme significative pour les décideurs. Les IAE mesurent les impacts environnementaux en termes physiques tels que le risque d'érosion du sol ou d'émissions de gaz à effet de serre, qu'il est difficile de comparer aux conséquences économiques. Les décisions stratégiques se fondant en grande partie sur les aspects économiques (analyse coûts-avantages), il est facile d'ignorer les facteurs non financiers tels que les impacts environnementaux ou de les reléguer au second plan parce qu'ils ne sont pas exprimés en termes monétaires. Il est pourtant généralement reconnu qu'une grande partie des richesses et du bien-être économique du Canada dérive des biens et services fournis par la nature. On peut relier les deux aspects en donnant une valeur aux biens et services d'écosystème.

Les techniques d'évaluation agroenvironnementale peuvent établir un lien entre les sciences naturelles et l'élaboration des politiques en attribuant une valeur monétaire aux impacts environnementaux, par exemple une valeur en dollars aux changements biophysiques mesurés par les indicateurs agroenvironnementaux. Ces travaux attirent de plus en plus l'attention parce qu'ils pourraient non seulement éclairer la prise des décisions, mais aussi aider à rémunérer les producteurs pour les biens et services écologiques qu'ils fournissent à la société.

Biens et services écologiques

On reconnaît de plus en plus le potentiel des paysages agricoles à produire non seulement des aliments, des fibres et des combustibles, mais aussi des biens et services bénéfiques à la société tels que la lutte contre les inondations, l'épuration de l'air et de l'eau et la protection de l'habitat faunique (figure 23-1). Ces biens et services écologiques (BSE) peuvent être définis comme étant les avantages que les populations humaines tirent, directement ou indirectement, des écosystèmes fonctionnels en santé (Évaluation des écosystèmes pour le millénaire 2003). Le concept des BSE est utile pour décrire les impacts biophysiques des changements survenus dans les écosystèmes en termes de bien-être humain, et il peut nous aider à comprendre et à évaluer les changements touchant les ressources et les paysages aux fins de la politique environnementale (Brauman *et coll.*, 2007).

Quoique souvent appréciés par le public, les services intangibles fournis par les écosystèmes (lutte contre les inondations, cycle des éléments nutritifs, épuration de l'air et de l'eau, etc.) sont difficiles à évaluer en dollars. En conséquence, leur utilisation ne fait généralement pas l'objet de restrictions. Les gens ne payent pas pour les BSE, et les gestionnaires ne tirent aucun gain financier des BSE produits sur leurs terres. Les avantages et impacts environnementaux de l'agriculture font de plus en plus parler d'eux. Il en va de même pour l'idée selon laquelle les décideurs qui élaborent les politiques doivent tenir compte de ces services essentiels. La capacité d'attribuer une valeur significative aux BSE associés à différents paysages et différentes circonstances est essentielle à la conception de politiques qui reconnaissent le rôle joué par les gestionnaires des terres agricoles dans la mise en œuvre (ou le maintien) des activités aux niveaux souhaitables pour la société et l'environnement.

Ces travaux attirent de plus en plus l'attention parce qu'ils pourraient non seulement éclairer la prise des décisions, mais aussi aider à rémunérer les producteurs pour les biens et services écologiques qu'ils fournissent à la société.

Évaluation environnementale

Les experts en science économique ont mis au point des techniques qui permettent de donner une valeur en dollars aux changements dans les risques et impacts environnementaux associés aux terres agricoles. Le principe fondamental de l'évaluation agroenvironnementale est que cette valeur correspond à la volonté de payer (VDP) des gens pour réduire les risques ou impacts environnementaux. L'intégration du concept de la VDP à l'exercice d'évaluation peut aider à déterminer comment les particuliers concilient des BSE donnés avec les autres achats que leur permet leur budget limité, ce qui donne une indication de la valeur pécuniaire du bien ou service en question.

Chaque type de BSE peut affecter le bien-être humain de différentes façons. Par exemple, l'établissement d'un habitat

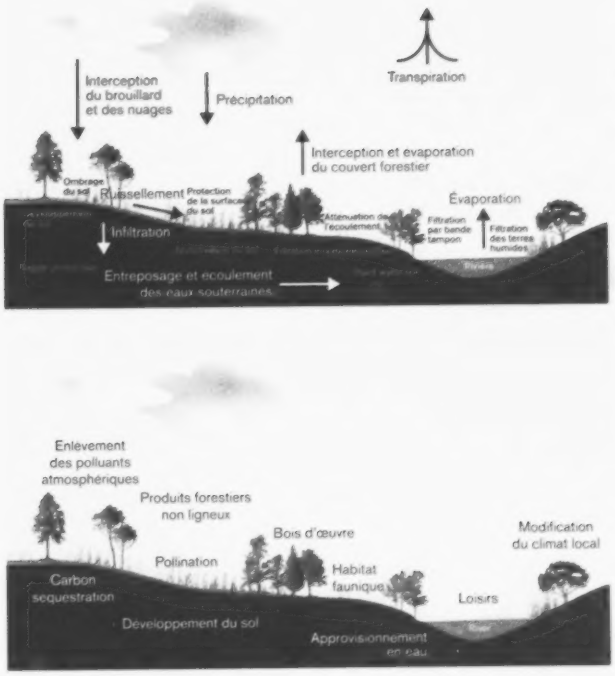


FIGURE 23-1 Interactions entre le cycle hydrologique et l'écosystème. a) Interactions biophysiques à l'échelle du *bassin hydrographique*. b) Exemples de divers BSE produits par un bassin hydrographique

Source : Brauman et coll. (2007)

faunique peut aussi améliorer les possibilités récréatives, la lutte contre l'érosion, les produits forestiers ligneux et non ligneux potentiels, ainsi que l'esthétique du paysage. On peut soit évaluer tout ce qui affecte le bien-être humain pour déterminer la valeur totale de l'habitat faunique, soit évaluer seulement les effets les plus importants pour en déterminer la valeur minimale. Dans le cas de l'eau, la volonté d'une personne de payer pour l'épuration d'un cours d'eau qui permettrait d'accroître le nombre de jours de baignade et/ou d'améliorer la qualité de l'eau potable correspondrait à la valeur pécuniaire de cette amélioration.

L'exercice d'évaluation permet de dresser un profil de la VDP pour un BSE en demandant aux répondants d'indiquer leurs préférences relatives à une amélioration des avantages et/ou impacts. On utilise ensuite ces profils pour estimer la valeur en dollars d'un BSE et la valeur totale attribuée par la société au changement dans le BSE. Ces résultats peuvent aider à établir les priorités des programmes d'aménagement des paysages et servir de base à la détermination des incitatifs à la production de BSE en agriculture (Turner, et coll., 2004).

Le principal défi de l'évaluation agroenvironnementale consiste à établir un lien entre les activités à la ferme et les avantages multiples pour les populations humaines. En pratique, l'évaluation nécessite l'établissement de certains liens illustrés à la figure 23-2 : 1) entre les activités et les fonctions écologiques complexes qu'elles affectent (lien comportement/ressource); 2) entre ces fonctions et les BSE qu'elles fournissent (lien ressource/écosystème); 3) entre ces BSE et le bien-être humain (lien écosystème/société). La dernière étape est l'exercice d'évaluation même, qui consiste à donner une valeur économique à la contribution des BSE au bien-être humain. Par exemple, pour évaluer l'amélioration de la qualité de l'eau d'un bassin hydrologique, il faut : 1) comprendre les impacts de l'amélioration des activités à la ferme sur le bassin hydrologique; 2) déterminer comment ces impacts pourraient affecter les BSE fournis; 3) déterminer l'effet éventuel des changements dans ces BSE sur les utilisateurs touchés. L'évaluation se fonde sur cette information pour déterminer la valeur en dollars de la contribution au bien-être des personnes qui utilisent l'eau.

Liens avec les indicateurs

Pour déterminer la valeur des BSE en évaluant le système dans son ensemble, il faut comprendre la relation entre les liens comportement/ressource et ressource/écosystème, qui est souvent très complexe. Pour établir le lien comportement/ressource, il faut comprendre les impacts des activités à la ferme sur l'environnement ainsi que l'effet que des conditions telles que le type de sol, la pente et le climat pourraient avoir sur ces impacts. Pour établir le lien ressource/écosystème, il faut déterminer comment les impacts se répartissent dans le paysage et dans le temps, en plus de modéliser et mapper les tendances potentielles dans les services d'écosystème. Les indicateurs font une intégration simplifiée de ces deux liens, ce qui permet de conduire un exercice d'évaluation.

Les indicateurs fournissent des données sur les effets environnementaux et les BSE qui sont faciles à comprendre pour les non-scientifiques et qui peuvent donc être utilisées dans les exercices d'évaluation. Par exemple, si l'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique peut signaler le changement relatif dans la diversité des espèces qui découle d'une plus grande stabilité des berges ou d'une bande tampon plus large sur un site particulier, il peut établir un lien entre les activités à la ferme et les BSE connexes pour ce site.

Méthodes d'évaluation et projets pilotes

On dispose d'un certain nombre de méthodes pour estimer la VDP des consommateurs. Dans le cadre de projets pilotes réalisés dans deux sites de l'Est du Canada, on a utilisé des questions hypothétiques concernant des situations réalistes dans lesquelles les BSE seraient évalués en milieu agricole. On s'est servi d'indicateurs agroenvironnementaux pour concevoir les scénarios pouvant servir à l'exercice d'évaluation.

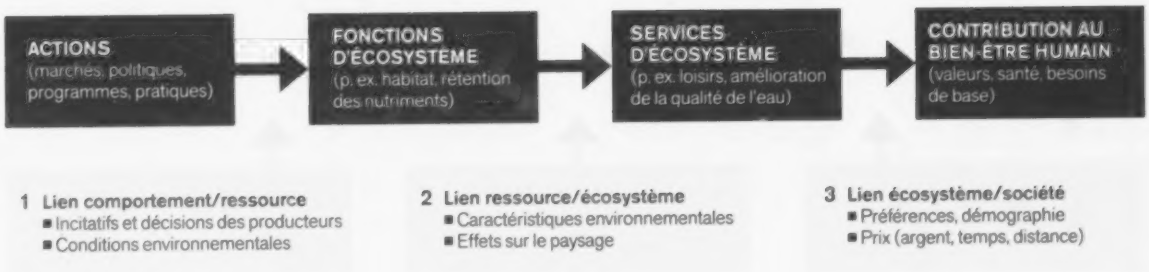


FIGURE 23-2 Le lien écosystèmes/bien-être humain : Cadre simplifié d'évaluation

Source : adapté de Turner et coll. (2004); Turner et Daily (2008); IISD (2008)

Les chercheurs ont utilisé des outils d'enquête afin de déterminer la VDP de la société pour les BSE liés à la qualité des eaux de surface. Les deux exercices pilotes mettaient l'accent sur les changements dans l'esthétique du paysage, l'utilisation commerciale ou la consommation, les possibilités récréatives et la biodiversité. On a présenté des scénarios réalistes décrivant des états futurs d'un écosystème aux répondants et on leur a demandé de choisir entre différents prix et politiques. Les résultats permettent d'estimer la volonté individuelle de payer pour les changements entre le statu quo et différents scénarios possibles, ainsi que la valeur des services d'écosystème associés à l'amélioration de la qualité des eaux de surface dans deux sites précis.

Une étude pilote a été réalisée le long du ruisseau Thomas et dans tout le bassin hydrologique de la rivière Cornwallis dans le comté de Kings, en Nouvelle-Écosse. L'étude, fondée sur des modèles économiques et une enquête postale, estimait la valeur que les résidents attribuent aux changements dans la qualité de l'eau qui surviennent après la mise en œuvre de pratiques de gestion bénéfiques (PGB) à la ferme. Certains répondants étaient très disposés à payer pour les améliorations environnementales tandis que d'autres l'étaient moins. L'étude a permis de conclure que les résidents, dont certains s'adonnaient à de nombreuses activités récréatives dans le bassin hydrologique tandis que d'autres n'en profitaient guère, étaient disposés à payer entre 1,56 $ et 291,13 $ par ménage par an pour ramener la qualité de l'eau d'« acceptable » à « bonne » (CCME, 2008). L'étude estimait également, à l'aide des modèles, dans quelle mesure une amélioration de niveau de « modéré » à « bon » pour la qualité de l'eau, l'établissement d'un habitat riverain et l'utilisation continue de l'eau à des fins agricoles feraient monter la valeur des maisons de la collectivité. Sur une base individuelle, les modèles donnaient à penser qu'une amélioration substantielle de la qualité de l'eau dans le bassin hydrologique de la rivière Cornwallis ajouterait entre 3 000 $ et 8 000 $ à la valeur de chaque ménage. D'autres études sont requises afin de déterminer l'exactitude de ces estimations.

Une deuxième étude pilote utilisait des modèles et un sondage en ligne pour déterminer la valeur que les résidents accordent à des améliorations précises des habitats dans certains affluents du fleuve Saint-Laurent au Québec. Trois scénarios ont été présentés. Ils portaient sur des améliorations environnementales d'envergure croissante représentant l'impact de l'application graduelle des règlements environnementaux aux producteurs agricoles afin d'atteindre un niveau allant de « bon » à « excellent » pour la qualité de l'eau, la diversité et la valeur esthétique du paysage, ainsi que les habitats des oiseaux et du poisson (ministère du Développement économique, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008). Cinquante-deux pour cent (52 p. 100) des répondants ont indiqué qu'ils étaient disposés à payer entre 67 $ et 213 $ pour un programme quinquennal visant à assainir l'environnement. L'étude montrait également que c'était pour les améliorations à la diversité du poisson, qui coûteraient 53 $ par personne par an, que les répondants étaient le moins disposés à payer. Pour les améliorations à la qualité de l'eau, les répondants seraient prêts à payer jusqu'à 59 $ par personne par an. C'est pour les améliorations liées à la diversité et la valeur esthétique du paysage que les répondants étaient disposés à payer le montant le plus élevé (79 $ par personne par an).

Transposition des valeurs

la transposition des valeurs est une catégorie d'évaluation distincte conçue pour transférer les valeurs calculées dans le cadre d'études existantes à de nouveaux sites et pour transposer les valeurs sur une plus grande échelle aux fins de l'évaluation des politiques. Les résultats de la transposition des valeurs étant fondés sur les données recueillies par les différentes études d'évaluation, la robustesse des estimations finales dépend directement de la qualité des études sous-jacentes.

On a mené une étude afin de synthétiser les données des évaluations nord-américaines antérieures, de concilier les mesures de qualité de l'eau entre différents sites et de produire des valeurs moyennes pour représenter les changements dans la qualité de l'eau dans le paysage global.

L'étude de transposition des valeurs a permis de mettre au point, à partir des mesures existantes de qualité de l'eau, un modèle empirique qui prévoit les valeurs de la VDP sur un vaste éventail de scénarios et qui est sensible aux caractéristiques

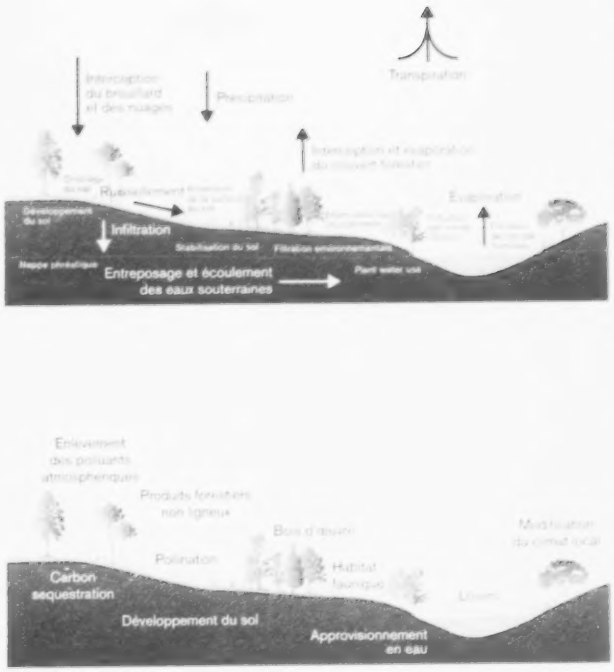


FIGURE 23-1 Interactions entre le cycle hydrologique et l'écosystème. a) Interactions biophysiques à l'échelle du *bassin hydrographique*. b) Exemples de divers BSE produits par un bassin hydrographique

Source : Brauman et coll. (2007)

faunique peut aussi améliorer les possibilités récréatives, la lutte contre l'érosion, les produits forestiers ligneux et non ligneux potentiels, ainsi que l'esthétique du paysage. On peut soit évaluer tout ce qui affecte le bien-être humain pour déterminer la valeur totale de l'habitat faunique, soit évaluer seulement les effets les plus importants pour en déterminer la valeur minimale. Dans le cas de l'eau, la volonté d'une personne de payer pour l'épuration d'un cours d'eau qui permettrait d'accroître le nombre de jours de baignade et/ou d'améliorer la qualité de l'eau potable correspondrait à la valeur pécuniaire de cette amélioration.

L'exercice d'évaluation permet de dresser un profil de la VDP pour un BSE en demandant aux répondants d'indiquer leurs préférences relatives à une amélioration des avantages et/ou impacts. On utilise ensuite ces profils pour estimer la valeur en dollars d'un BSE et la valeur totale attribuée par la société au changement dans le BSE. Ces résultats peuvent aider à établir les priorités des programmes d'aménagement des paysages et servir de base à la détermination des incitatifs à la production de BSE en agriculture (Turner, et coll., 2004).

Le principe de l'évaluation agroenvironnementale consiste à établir un lien entre les activités à la ferme et les avantages multiples pour les populations humaines. En pratique, l'évaluation nécessite l'établissement de certains liens illustrés à la figure 23-2 : 1) entre les activités et les fonctions écologiques complexes qu'elles affectent (lien comportement/ressource); 2) entre ces fonctions et les BSE qu'elles fournissent (lien ressource/écosystème); 3) entre ces BSE et le bien-être humain (lien écosystème/société). La dernière étape est l'exercice d'évaluation même, qui consiste à donner une valeur économique à la contribution des BSE au bien-être humain. Par exemple, pour évaluer l'amélioration de la qualité de l'eau d'un bassin hydrologique, il faut : 1) comprendre les impacts de l'amélioration des activités à la ferme sur le bassin hydrologique; 2) déterminer comment ces impacts pourraient affecter les BSE fournis; 3) déterminer l'effet éventuel des changements dans ces BSE sur les utilisateurs touchés. L'évaluation se fonde sur cette information pour déterminer la valeur en dollars de la contribution au bien-être des personnes qui utilisent l'eau.

Liens avec les indicateurs

Pour déterminer la valeur des BSE en évaluant le système dans son ensemble, il faut comprendre la relation entre les liens comportement/ressource et ressource/écosystème, qui est souvent très complexe. Pour établir le lien comportement/ressource, il faut comprendre les impacts des activités à la ferme sur l'environnement ainsi que l'effet que des conditions telles que le type de sol, la pente et le climat pourraient avoir sur ces impacts. Pour établir le lien ressource/écosystème, il faut déterminer comment les impacts se répartissent dans le paysage et dans le temps, en plus de modéliser et mapper les tendances potentielles dans les services d'écosystème. Les indicateurs font une intégration simplifiée de ces deux liens, ce qui permet de conduire un exercice d'évaluation.

Les indicateurs fournissent des données sur les effets environnementaux et les BSE qui sont faciles à comprendre pour les non-scientifiques et qui peuvent donc être utilisées dans les exercices d'évaluation. Par exemple, si l'indicateur de disponibilité de l'habitat faunique peut signaler le changement relatif dans la diversité des espèces qui découle d'une plus grande stabilité des berges ou d'une bande tampon plus large sur un site particulier, il peut établir un lien entre les activités à la ferme et les BSE connexes pour ce site.

Méthodes d'évaluation et projets pilotes

On dispose d'un certain nombre de méthodes pour estimer la VDP des consommateurs. Dans le cadre de projets pilotes réalisés dans deux sites de l'Est du Canada, on a utilisé des questions hypothétiques concernant des situations réalistes dans lesquelles les BSE seraient évalués en milieu agricole. On s'est servi d'indicateurs agroenvironnementaux pour concevoir les scénarios pouvant servir à l'exercice d'évaluation.

FIGURE 23-2 Le lien écosystèmes/bien-être humain : Cadre simplifié d'évaluation

Source : adapté de Turner et coll. (2004); Turner et Daily (2008); TSD (2008)

Les chercheurs ont utilisé des outils d'enquête afin de déterminer la VDP de la société pour les BSE liés à la qualité des eaux de surface. Les deux exercices pilotes mettaient l'accent sur les changements dans l'esthétique du paysage, l'utilisation commerciale ou la consommation, les possibilités récréatives et la biodiversité. On a présenté des scénarios réalistes décrivant des états futurs d'un écosystème aux répondants et on leur a demandé de choisir entre différents prix et politiques. Les résultats permettent d'estimer la volonté individuelle de payer pour les changements entre le statu quo et différents scénarios possibles, ainsi que la valeur des services d'écosystème associés à l'amélioration de la qualité des eaux de surface dans deux sites précis.

Une étude pilote a été réalisée le long du ruisseau Thomas et dans tout le bassin hydrologique de la rivière Cornwallis dans le comté de Kings, en Nouvelle-Écosse. L'étude, fondée sur des modèles économiques et une enquête postale, estimait la valeur que les résidents attribuent aux changements dans la qualité de l'eau qui surviennent après la mise en œuvre de pratiques de gestion bénéfiques (PGB) à la ferme. Certains répondants étaient très disposés à payer pour les améliorations environnementales tandis que d'autres l'étaient moins. L'étude a permis de conclure que les résidents, dont certains s'adonnaient à de nombreuses activités récréatives dans le bassin hydrologique tandis que d'autres n'en profitaient guère, étaient disposés à payer entre 1,56 $ et 291,13 $ par ménage par an pour ramener la qualité de l'eau d'« acceptable » à « bonne » (CCME, 2008). L'étude estimait également, à l'aide des modèles, dans quelle mesure une amélioration de niveau de « modéré » à « bon » pour la qualité de l'eau, l'établissement d'un habitat riverain et l'utilisation continue de l'eau à des fins agricoles feraient monter la valeur des maisons de la collectivité. Sur une base individuelle, les modèles donnaient à penser qu'une amélioration substantielle de la qualité de l'eau dans le bassin hydrologique de la rivière Cornwallis ajouterait entre 3 000 $ et 8 000 $ à la valeur de chaque ménage. D'autres études sont requises afin de déterminer l'exactitude de ces estimations.

Une deuxième étude pilote utilisait des modèles et un sondage en ligne pour déterminer la valeur que les résidents accordent à des améliorations précises des habitats dans certains affluents du fleuve Saint-Laurent au Québec. Trois scénarios ont été présentés. Ils portaient sur des améliorations environnementales d'envergure croissante représentant l'impact de l'application graduelle des règlements environnementaux aux producteurs agricoles afin d'atteindre un niveau allant de « bon » à « excellent » pour la qualité de l'eau, la diversité et la valeur esthétique du paysage, ainsi que les habitats des oiseaux et du poisson (ministère du Développement économique, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008). Cinquante-deux pour cent (52 p. 100) des répondants ont indiqué qu'ils étaient disposés à payer entre 67 $ et 213 $ pour un programme quinquennal visant à assainir l'environnement. L'étude montrait également que c'était pour les améliorations à la diversité du poisson, qui coûteraient 53 $ par personne par an, que les répondants étaient le moins disposés à payer. Pour les améliorations à la qualité de l'eau, les répondants seraient prêts à payer jusqu'à 59 $ par personne par an. C'est pour les améliorations liées à la diversité et la valeur esthétique du paysage que les répondants étaient disposés à payer le montant le plus élevé (79 $ par personne par an).

Transposition des valeurs

La transposition des valeurs est une catégorie d'évaluation distincte conçue pour transférer les valeurs calculées dans le cadre d'études existantes à de nouveaux sites et pour transposer les valeurs sur une plus grande échelle aux fins de l'évaluation des politiques. Les résultats de la transposition des valeurs étant fondés sur les données recueillies par les différentes études d'évaluation, la robustesse des estimations finales dépend directement de la qualité des études sous-jacentes.

On a mené une étude afin de synthétiser les données des évaluations nord-américaines antérieures, de concilier les mesures de qualité de l'eau entre différents sites et de produire des valeurs moyennes pour représenter les changements dans la qualité de l'eau dans le paysage global.

L'étude de transposition des valeurs a permis de mettre au point, à partir des mesures existantes de qualité de l'eau, un modèle empirique qui prévoit les valeurs de la VDP sur un vaste éventail de scénarios et qui est sensible aux caractéristiques

du paysage et du contexte stratégique. Le modèle estimait une VDP annuelle de 6,81 $ par ménage pour une augmentation d'une unité dans l'indice de qualité de l'eau utilisée. La VDP par ménage et par année a été évaluée à 57 $ pour une amélioration de la qualité de l'eau de seulement navigable à pêchable et à 44 $ de plus pour une amélioration de pêchable à propice à la baignade (Thomassin et Johnston, 2008). L'exactitude de toute mesure de tels résultats descriptifs est évidemment susceptible d'examen, et les méthodes doivent être raffinées. Le modèle illustre néanmoins l'utilité potentielle des résultats dans l'évaluation des politiques.

Limites et élaboration d'un cadre d'évaluation agroenvironnementale

Il reste un certain nombre de défis à relever avant que le développement à grande échelle des travaux d'évaluation agroenvironnementale ne porte fruit. Pour attribuer des valeurs à la structure et aux fonctions de l'écosystème, il faut prendre en compte :

- l'échelle spatiale et temporelle des processus écologiques;
- la structure, la complexité et la diversité qui sous-tendent les fonctions de l'écosystème;
- la nature dynamique (dans l'espace et dans le temps) des écosystèmes;
- le fait que les processus d'écosystème ne sont pas tous bien compris.

Pour ces raisons, il est essentiel de mettre en place un cadre solide pour les travaux d'évaluation stratégique en agriculture. Certains cadres, comme l'Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, ont été utilisés pour identifier des BSE discrets et en faire un classement utile, mais la plupart ont été difficiles à intégrer aux exercices d'évaluation. En l'absence de cadre largement accepté, de nombreuses études ne font pas une application uniforme des techniques d'évaluation, ce qui en gêne l'utilisation.

Des travaux ont été entrepris avec différents partenaires et intervenants afin de tirer parti des expériences d'autres pays et organisations et d'élaborer une approche uniforme d'évaluation agroenvironnementale applicable aux différents paysages qui permettra de soumettre les résultats à une analyse régionale et nationale. Les travaux d'évaluation en cours sont exploratoires; on continue néanmoins de tester et de raffiner les approches d'évaluation. Par exemple, les experts en modélisation hydrologique peuvent aider à déterminer le sort et le transport des éléments nutritifs et des pathogènes du champ au bassin hydrologique, tandis que les écologistes du paysage peuvent offrir des conseils concernant les questions spatiales et les interactions de l'agriculture avec d'autres aspects du paysage. Les experts en matière d'indicateurs, quant à eux, trouveront probablement de meilleures façons d'identifier et de mesurer les BSE. L'objectif ultime est d'intégrer systématiquement les indicateurs agroenvironnementaux à cette approche et de développer un protocole permettant d'estimer la valeur des changements dans les BSE issus de l'agriculture canadienne.

Références

brauman, K.A., G.C. Daily, T. Ka'eo Duarte, et H.A. Mooney, 2007. The Nature and Value of Ecosystem Services: An Overview Highlighting Hydrologic Services. *Annual Review of Environment and Resources*. 32 : 67-98.

Conseil canadien des ministres de l'Environnement. Indice de la qualité des eaux. 2008.

http://www.ccme.ca/sourcetotap/wqi.html

Carpenter, S.R., R. DeFries, T. Dietz, H.A. Mooney, S. Polasky, W.V. Reid, et R.J. Scholes. 2006. Millennium Ecosystem Assessment: Research Needs. *Science*, 314 : 257-258.

Desvousges, W.H., M.P. McGivney, et V.K. Smith. 1983. Estimating Water Quality Benefits: An Econometric Analysis. *Southern Economic Journal*, Vol. 50 (2) : 422-437.

Évaluation des écosystèmes pour le millénaire, 2003. *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*. Island Press, Washington, DC. http://www.ecodes.org/pages/areas/salud_medioambiente/documentos/ecosystems_human_wellbeing.pdf

IISD, 2005. *Full-cost Accounting for Agriculture – Year 2 Report: Valuing Changes in Agri-Environmental Indicators*. Winnipeg, Manitoba.

http://www.iisd.org/publications/pub.aspx?pno=812

Ministère du Développement économique, de l'Environnement et des Parcs du Québec, 2008.

Thomassin, P. et Johnston. R., 2008. *Benefit Transfer of Water Quality Improvements from Agricultural Landscapes: A Meta Analysis*. Presentation at the American Applied Economics Association Annual Meeting, 29 juillet 2008, Orlando (Floride).

Turner, R.K. et G.C. Daily, 2008. The Ecosystem Services Framework and Natural Capital Conservation. *Environmental and Resource Economics*, 39, 1 : 25-35.

Turner, R.K., S. Georgiou, R. Clark, R. Brouwer, et J. Burke. 2004. Economic valuation of water resources in agriculture. *FAO Water Reports*, 27, Rome.

Résultats provinciaux

24.1 Colombie-Britannique

Sommaire

Les terres agricoles représentent environ 3 p. 100 de la superficie totale de la Colombie-Britannique. Soixante-deux pour cent (62 p. 100) de ces terres sont des pâturages et 22 p. 100 sont cultivées (tableau 24.1-1). Les principaux extrants agricoles sont les produits floraux et de pépinière, les produits laitiers, la volaille et les légumes. La période 1981-2006 a vu une amélioration de la performance agroenvironnementale provinciale associée à la gestion des terres et à la qualité des sols, les indicateurs révélant des progrès dans l'utilisation des terres, l'érosion, la couverture des sols et le carbone dans le sol. Malgré la réduction des émissions d'ammoniac et de particules attestée par les indicateurs de qualité de l'air, il n'y a pas eu de changement dans les émissions nettes de gaz à effet de serre. Le risque de contamination de l'eau par les pesticides, les coliformes et l'azote n'a pas non plus changé entre 1981 et 2006. Le risque de contamination de l'eau par le phosphore et le risque de contamination du sol par les éléments traces ont toutefois augmenté durant cette période, tandis que la capacité d'habitat faunique des terres agricoles a reculé.

TABLEAU 24.1-1 Sommaire des statistiques de l'agriculture en Colombie-Britannique, 2006

Données sur les terres (hectares (ha))	
Superficie totale	94,5 millions ha
Superficie totale des terres	92,5 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	2,8 millions ha
Terres cultivées	22%
Terres de pasturage	62%
Terres utilisées à d'autres fins	16%
Superficie agricole moyenne	143 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	19 844
Nombre total de familles	16 000
Nombre total d'exploitants	29 870
Âge moyen des exploitants	54
Produits floraux et de pépinière	
Produits floraux et de pépinière	402 millions $
Produits laitiers	395 millions $
Volaille et œufs	360 millions $
Légumes	353 millions $
Bovins et veaux	263 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	18,3 millions
Bovins et veaux	801 000
Porcs et porcelets	136 000
Vaches laitières	73 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	0,2 milliard $
Revenu monétaire total	2,3 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	2,1 milliards $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	48 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	26 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	8 %
Plus de 100 000 $	18 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	455
Valeur totale des livraisons	6,6 milliards $
Transformation des aliments	5,6 milliards $
Produits de viande	25 %
Produits laitiers	21 %
Produits de la mer	10 %
Produits alimentaires pour animaux	9 %
Autres aliments	35 %
Boissons	1,0 milliard $
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	-1.7 milliard $
Exportations	
Total des exportations agricoles	1,5 milliard $
Produits en vrac	4 %
Produits intermédiaires	21 %
Consumer-oriented	75 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	1,1 milliard $
Japon	116 millions $
Corée du Sud	70 millions $
Taïwan	26 millions $
Hong Kong	18 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	3,2 milliards $
Produits en vrac	9 %
Produits intermédiaires	11 %
Produits de consommation	81 %

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie totale des terres agricoles en Colombie-Britannique a augmenté de 30 p. 100 depuis 1981, passant à 2,8 millions d'hectares en 2006 (figure 24.1-1). La proportion de terres cultivées par rapport à la superficie agricole totale a reculé durant cette période (tableau 4-1), malgré un ajout de 21 000 hectares à la superficie cultivée. Les jachères ont pratiquement disparu, tandis que le pourcentage de pâturages et d'autres terres ont augmenté entre 1981 et 2006. La superficie consacrée aux céréales a diminué, faisant place aux cultures fourragères (tableau 4-2). Les méthodes classiques de travail du sol ont perdu du terrain en faveur des méthodes de conservation du sol et sans travail du sol (tableau 4-3). Le nombre de bovins, de volailles et de chevaux a augmenté, tandis que la population porcine a reculé (tableau 4-4).

FIGURE 24.1-1 Proportion des terres agricoles en Colombie-Britannique, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

En 2006, 11 p. 100 des producteurs de la Colombie-Britannique avaient élaboré des plans agroenvironnementaux et une autre tranche de 9 p. 100 étaient en train de le faire (Statistique Canada, 2007). Malgré leur faible taux d'adoption du programme de planification environnementale à la ferme en 2006, les producteurs de cette province s'adonnaient à différentes PGB. Par exemple, 57 p. 100 d'entre eux font appel à un opérateur agréé pour toutes les applications de pesticides, et 62 p. 100 étalonnent les pulvérisateurs au début de chaque saison. Il y a toutefois matière à amélioration, car des zones tampons riveraines avaient été aménagées le long de seulement 14 p. 100 des terres humides permanentes et 33 p. 100 des voies d'eau.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

En 2006, 42 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique tombaient dans les catégories élevée et très élevée de couverture des sols et 35 p. 100, dans la catégorie modérée (tableau 6-2). Les plus faibles degrés de couverture des sols sont surtout enregistrés dans la vallée du Bas-Fraser, où la couverture nivale est minimale, où une grande partie des terres sont plantées en cultures à faible degré de couverture comme les légumes et les produits de pépinière, et où la plupart des résidus provenant de la petite quantité de céréales cultivées sont mis en balles et enlevés du champ. La moyenne annuelle du nombre de jours de sol couvert (JSC) a augmenté de 3 p. 100 entre 1981 et 2006, la majeure partie de la hausse se produisant entre 1981 et 1986 (tableau 6-1). Le degré de couverture variait considérablement dans la province, l'augmentation du nombre de JSC étant de 13 p. 100 dans la région des basses-terres continentales, de 6 p. 100 dans le district de la rivière de la Paix et de 3 p. 100 dans l'intérieur. L'augmentation du nombre de jours de sol couvert enregistrés en Colombie-Britannique découle de la quasi-élimination des jachères, de la popularité croissante des cultures vivaces, et du recours accru aux pratiques de travail réduit ou sans travail du sol sur les terres cultivées et les quelques jachères qui restent. Les facteurs allant à l'encontre de ces effets positifs comprenaient une réduction de la superficie cultivée en céréales et une expansion des terres consacrées aux cultures laissant peu de résidus (petits fruits, raisins et cultures de pépinière).

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En Colombie-Britannique, 442 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens, dont 92 étaient en péril, possiblement en péril ou sensibles, ont été observées sur les terres agricoles (figure 7-1). En 2006, la plupart des terres agricoles avaient une capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) faible ou très faible et seulement 1 p. 100, une capacité élevée ou très élevée. La CH_{ra} provinciale a beaucoup baissé entre 1986 et 2006, période durant laquelle 51 p. 100 des terres agricoles ont vu leur capacité diminuer et 39 p. 100 sont restées constantes (tableau 7-2).

Malgré une expansion générale de la superficie agricole entre 1986 et 2006, le principal facteur ayant contribué à la baisse de la CH_{ra} était une réduction dans la catégorie toutes les autres terres (qui répondaient aux besoins en reproduction et alimentation de près de 90 p. 100 des espèces). Le recul de cette catégorie était surtout attribuable au déboisement des terres agricoles. Les pâturages non améliorés, dont le pourcentage a

augmenté durant cette période de 20 ans et qui, comme deuxième type de couverture pour la valeur d'habitat, répondent aux besoins en reproduction et alimentation de 25 p. 100 des espèces, ont fortement influencé la CH_{ra} sur une grande partie des terres agricoles de la Colombie-Britannique.

En 2006, 57 p. 100 des terres agricoles avaient une capacité modérée d'habitat faunique pour l'hibernation (CH_h), car les pâturages non améliorés constituaient une grande partie des terres agricoles de la province. Il n'y avait aucune terre dans la catégorie très faible (tableau 7-3).

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

Risque d'érosion du sol

très faible | élevé | très élevé | non évalué

FIGURE 24.1-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Colombie-Britannique selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

C'est en Colombie-Britannique qu'on trouvait les plus faibles niveaux de risque d'érosion du sol durant la période à l'étude, le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible étant passé de 76 p. 100 en 1981 à 88 p. 100 en 2006 (figure 24.1-2, tableau 8-1). La réduction du risque global peut être attribuée à la baisse du risque d'érosion par l'eau et le travail du sol. La proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 90 p. 100 en 1981 à 94 p. 100 en 2006, tandis que le pourcentage dans les autres catégories de risque a reculé d'à peu près la moitié durant cette période (tableau 8-2). L'érosivité du travail du sol et le risque d'érosion attribuable au travail du sol ont connu une baisse graduelle entre 1981 et 2006 en raison des changements apportés aux pratiques de travail du sol. La proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible est passée de 90 p. 100 en 1981 à 95 p. 100 en 2006 (tableau 8-4). Dans la région de la rivière de la Paix, le risque d'érosion éolienne est extrêmement faible et n'a pas beaucoup changé au fil du temps. Cette région comprend relativement peu de terres cultivées exigeant un travail intensif du sol, et elle a connu une transition des cultures nécessitant des labours intensifs à des cultures demandant très peu de travail. Les changements culturaux ont été dominés par la réduction des superficies sous céréales et l'augmentation des surfaces sous luzerne et foin.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Changement de carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1})

forte augmentation | forte baisse | non évalué

>90 | 25-90 | -25-25 | -90- -25 | <-90

FIGURE 24.1-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1}) en Colombie-Britannique, 2006.

En 1981, environ le tiers des terres agricoles de la Colombie-Britannique affichait des pertes de carbone organique du sol (COS). Cette proportion a été ramenée à seulement 14 p. 100 en 2006 (figure 24.1-3, tableau 9-1). Le pourcentage de terres où le COS était à la hausse est passé de 1 p. 100 en 1981 à 15 p. 100 en 2006. Ce changement de direction du COS peut être lié à une plus grande proportion de cultures vivaces. Il y a eu relativement peu de changements cumulatifs du COS entre 1981 et 2006. La santé des sols continuait toutefois de soulever des préoccupations, car 4 p. 100 des terres à faible ou très faible teneur en carbone organique relatif (COR) affichaient aussi une

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie totale des terres agricoles en Colombie-Britannique a augmenté de 30 p. 100 depuis 1981, passant à 2,8 millions d'hectares en 2006 (figure 24.1-1). La proportion de terres cultivées par rapport à la superficie agricole totale a reculé durant cette période (tableau 4-1), malgré un ajout de 21 000 hectares à la superficie cultivée. Les jachères ont pratiquement disparu, tandis que le pourcentage de pâturages et d'autres terres ont augmenté entre 1981 et 2006. La superficie consacrée aux céréales a diminué, faisant place aux cultures fourragères (tableau 4-2). Les méthodes classiques de travail du sol ont perdu du terrain en faveur des méthodes de conservation du sol et sans travail du sol (tableau 4-3). Le nombre de bovins, de volailles et de chevaux a augmenté, tandis que la population porcine a reculé (tableau 4-4).

Proportion des terres agricoles en Colombie-Britannique, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

En 2006, 11 p. 100 des producteurs de la Colombie-Britannique avaient élaboré des plans agroenvironnementaux et une autre tranche de 9 p. 100 étaient en train de le faire (Statistique Canada, 2007). Malgré leur faible taux d'adoption du programme de planification environnementale à la ferme en 2006, les producteurs de cette province s'adonnaient à différentes PGB. Par exemple, 57 p. 100 d'entre eux font appel à un opérateur agréé pour toutes les applications de pesticides, et 62 p. 100 étalonnent les pulvérisateurs au début de chaque saison. Il y a toutefois matière à amélioration, car des zones tampons riveraines avaient été aménagées le long de seulement 14 p. 100 des terres humides permanentes et 33 p. 100 des voies d'eau.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

En 2006, 42 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique tombaient dans les catégories élevée et très élevée de couverture des sols et 35 p. 100, dans la catégorie modérée (tableau 6-2). Les plus faibles degrés de couverture des sols sont surtout enregistrés dans la vallée du Bas-Fraser, où la couverture nivale est minimale, où une grande partie des terres sont plantées en cultures à faible degré de couverture comme les légumes et les produits de pépinière, et où la plupart des résidus provenant de la petite quantité de céréales cultivées sont mis en balles et enlevés du champ. La moyenne annuelle du nombre de jours de sol couvert (JSC) a augmenté de 3 p. 100 entre 1981 et 2006, la majeure partie de la hausse se produisant entre 1981 et 1986 (tableau 6-1). Le degré de couverture variait considérablement dans la province, l'augmentation du nombre de JSC étant de 13 p. 100 dans la région des basses-terres continentales, de 6 p. 100 dans le district de la rivière de la Paix et de 3 p. 100 dans l'intérieur. L'augmentation du nombre de jours de sol couvert enregistrés en Colombie-Britannique découle de la quasi-élimination des jachères, de la popularité croissante des cultures vivaces, et du recours accru aux pratiques de travail réduit ou sans travail du sol sur les terres cultivées et les quelques jachères qui restent. Les facteurs allant à l'encontre de ces effets positifs comprenaient une réduction de la superficie cultivée en céréales et une expansion des terres consacrées aux cultures laissant peu de résidus (petits fruits, raisins et cultures de pépinière).

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En Colombie-Britannique, 442 espèces d'oiseaux, de mammifères, de reptiles et d'amphibiens, dont 92 étaient en péril, possiblement en péril ou sensibles, ont été observées sur les terres agricoles (figure 7-1). En 2006, la plupart des terres agricoles avaient une capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) faible ou très faible et seulement 1 p. 100, une capacité élevée ou très élevée. La CH_{ra} provinciale a beaucoup baissé entre 1986 et 2006, période durant laquelle 51 p. 100 des terres agricoles ont vu leur capacité diminuer et 39 p. 100 sont restées constantes (tableau 7-2).

Malgré une expansion générale de la superficie agricole entre 1986 et 2006, le principal facteur ayant contribué à la baisse de la CH_{ra} était une réduction dans la catégorie toutes les autres terres (qui répondaient aux besoins en reproduction et alimentation de près de 90 p. 100 des espèces). Le recul de cette catégorie était surtout attribuable au déboisement des terres agricoles. Les pâturages non améliorés, dont le pourcentage a

augmenté durant cette période de 20 ans et qui, comme deuxième type de couverture pour la valeur d'habitat, répondent aux besoins en reproduction et alimentation de 25 p. 100 des espèces, ont fortement influencé la CH_1, sur une grande partie des terres agricoles de la Colombie-Britannique.

En 2006, 57 p. 100 des terres agricoles avaient une capacité modérée d'habitat faunique pour l'hibernation (CH_4), car les pâturages non améliorés constituaient une grande partie des terres agricoles de la province. Il n'y avait aucune terre dans la catégorie très faible (tableau 7-3).

EROSION DU SOL (Chapitre 8)

Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Colombie-Britannique selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

C'est en Colombie-Britannique qu'on trouvait les plus faibles niveaux de risque d'érosion du sol durant la période à l'étude, le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible étant passé de 76 p. 100 en 1981 à 88 p. 100 en 2006 (figure 24.1-2, tableau 8-1). La réduction du risque global peut être attribuée à la baisse du risque d'érosion par l'eau et le travail du sol. La proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique est passée de 90 p. 100 en 1981 à 94 p. 100 en 2006, tandis que le pourcentage dans les autres catégories de risque a reculé d'à peu près la moitié durant cette période (tableau 8-2). L'érosivité du travail du sol et le risque d'érosion attribuable au travail du sol ont connu une baisse graduelle entre 1981 et 2006 en raison des changements apportés aux pratiques de travail du sol. La proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible est passée de 90 p. 100 en 1981 à 95 p. 100 en 2006 (tableau 8-4). Dans la région de la rivière de la Paix, le risque d'érosion éolienne est extrêmement faible et n'a pas beaucoup changé au fil du temps. Cette région comprend relativement peu de terres cultivées exigeant un travail intensif du sol, et elle a connu une transition des cultures nécessitant des labours intensifs à des cultures demandant très peu de travail. Les changements culturaux ont été dominés par la réduction des superficies sous céréales et l'augmentation des surfaces sous luzerne et foin.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha $^{-1}$ an $^{-1}$) en Colombie-Britannique, 2006.

En 1981, environ le tiers des terres agricoles de la Colombie-Britannique affichait des pertes de carbone organique du sol (COS). Cette proportion a été ramenée à seulement 14 p. 100 en 2006 (figure 24.1-3, tableau 9-1). Le pourcentage de terres où le COS était à la hausse est passé de 1 p. 100 en 1981 à 15 p. 100 en 2006. Ce changement de direction du COS peut être lié à une plus grande proportion de cultures vivaces. Il y a eu relativement peu de changements cumulatifs du COS entre 1981 et 2006. La santé des sols continuait toutefois de soulever des préoccupations, car 4 p. 100 des terres à faible ou très faible teneur en carbone organique relatif (COR) affichaient aussi une

baisse du COS (tableau 9-4). Bon nombre de ces terres sont consacrées à des cultures horticoles qui demandent un travail du sol intensif et produisent peu de résidus.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Environ 16 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique pourraient se classer dans la catégorie de risque très élevé dans 100 ans si les pratiques de gestion de 2006 étaient maintenues (tableau 10-1). Ceci représente une augmentation de 6 p. 100 par rapport au pourcentage estimé en fonction des populations et des superficies cultivées en 1981. Peu de changements ont été enregistrés dans les catégories de risque modéré et élevé entre 1981 et 2006.

On s'attend à ce que 27 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique voient une augmentation des apports en ET d'au moins 30 p. 100 par rapport aux concentrations de base actuelles calculées selon les populations et les superficies cultivées (tableau 10-2). Les changements survenus entre 1981 et 2006 ont fait monter de 11 p. 100 le pourcentage des terres où les apports en ET sont censés augmenter de 30 p. 100 à 50 p. 100 par rapport aux concentrations de base. Le pourcentage d'augmentation de la population humaine enregistré durant cette période en Colombie-Britannique était un des plus élevés au Canada. La province a aussi connu une forte progression du nombre de poulets à griller (tableau 10-5). Étant donné la proportion relativement faible de terres agricoles en Colombie-Britannique, particulièrement dans le sud de la province, l'augmentation de la population humaine et du nombre de poulets à griller est concentrée sur une petite superficie. Elle aura donc un effet plus marqué sur l'accumulation d'ET que dans les provinces où les exploitations d'élevage sont plus espacées entre elles.

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, la plupart des terres agricoles de la C.-B. se classaient dans les catégories d'ARS faible et très faible et 12 p. 100, dans les catégories élevée et très élevée (tableau 12.1-1). Les régions agricoles du sud de la province et de la côte se situaient dans la catégorie d'ARS élevée, tandis que celles du centre avaient tendance à se retrouver dans la catégorie faible. Le pourcentage de terres dans les catégories élevée et très élevée est resté relativement constant entre 1981 et 2006, mais on note une certaine migration de la catégorie très faible aux catégories faible et modérée. L'exception à la règle était l'année 2001, durant laquelle seulement 44 p. 100 des terres se rangeaient dans les catégories faible et très faible et 31 p. 100, dans les catégories plus élevées (tableau 12.1-1). La même tendance a été observée partout au Canada en 2001, année où la sécheresse a fait baisser les pertes d'azote.

Le niveau moyen d'ARS, qui s'établissait à 18,9 kg N ha^{-1} entre 1981 et 1996, a grimpé à 28,1 kg N ha^{-1} en 2001 avant de redescendre en 2006 (tableau 12.1-2). Les changements dans les apports d'azote enregistrés entre 1996 et 2001 étaient principalement attribuables à la hausse des taux de fertilisation et de la quantité d'azote fixée par les cultures légumineuses. Ces taux sont redescendus en 2006.

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

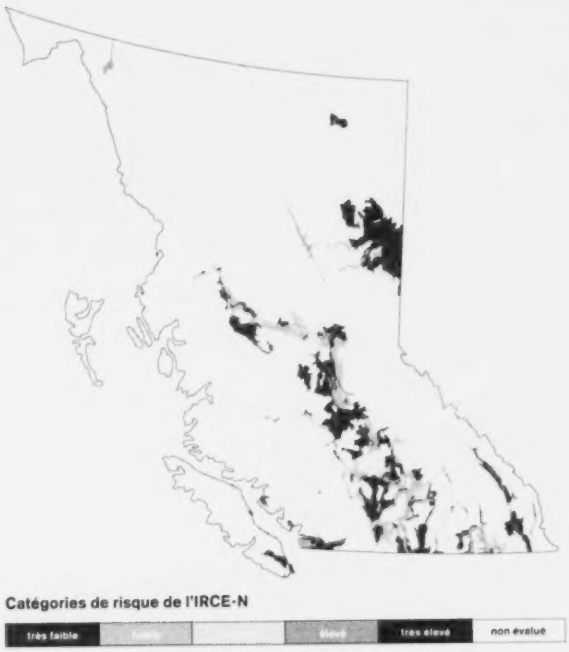


FIGURE 24.1-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles en Colombie-Britannique selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Près de 90 p. 100 des terres agricoles de la Colombie-Britannique se situaient dans les catégories de risque faible et très faible entre 1981 et 2006 (figure 24.1-4). Le reste (10 p. 100) était réparti également entre les catégories de risque modéré, élevé et très élevé (tableau 12.2-2). Au cours des six années du recensement, on notait un léger mouvement de la catégorie de risque très faible à des catégories plus élevées, principalement dû à la variation interannuelle des niveaux d'ARS. Les conditions météorologiques hivernales sont restées relativement constantes. La répartition géographique des terres classées dans la catégorie de risque très élevé dans la partie continentale du Sud-Ouest de la Colombie-Britannique (figure 12.2-1) ressemble beaucoup à la répartition dans l'aquifère d'Abbotsford-Sumas, où des concentrations de nitrates dépassant le niveau recommandé pour la qualité de l'eau potable au Canada (10 mg N L^{-1}) ont été mesurées (Carmichael et coll., 1995; Mitchell et coll., 2003).

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

FIGURE 24.1-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles en Colombie-Britannique selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Les 13 bassins versants de la Colombie-Britannique se classent surtout dans les catégories de risque faible et très faible de l'IRCE-P, sauf les deux bassins versants dans la vallée du Bas-Fraser, qui appartiennent à la catégorie de risque très élevé (figure 24.1-5, table 13-1). Le risque couru par ces deux bassins versants a donc augmenté par rapport à 1981 (figure 13-2). Le bilan de P du sol n'a guère varié entre 1981 et 2006 (figure 13-4). Bien que les terres agricoles de la Colombie-Britannique affichent généralement de très faibles niveaux de P à la source, 10 p. 100 d'entre elles, dont la plupart sont situées dans la vallée du Bas-Fraser, atteignent un niveau élevé ou très élevé (tableau 13-2). La vallée du Bas-Fraser se caractérise par un apport moyen de 30 kg P ha^{-1}, qui dépasse la moyenne provinciale (~10 kg P ha^{-1}), principalement en raison de la forte concentration des opérations avicoles. Ce niveau élevé d'apports a contribué à l'enrichissement progressif en P des sols. La vallée du Bas-Fraser reçoit également la quantité annuelle de pluie la plus élevée au pays (2 000 mm an^{-1}), ce qui se traduit par un risque très élevé de contamination de l'eau par le phosphore exigeant des pratiques d'atténuation.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

D'après l'évaluation effectuée en 2006, 98 p. 100 des terres agricoles dans les bassins versants de la Colombie-Britannique couraient un risque faible ou très faible de contamination de l'eau par les coliformes (figure 14-2). Un seul bassin versant (3 p. 100 des terres agricoles) se classait dans la catégorie de risque élevé (tableau 14-1). Ceci se compare aux niveaux de risque observés entre 1981 et 2001. La source de populations actives de coliformes dans la vallée du Bas-Fraser est restée relativement faible en 2006 (figures 14-5 et 14-6), mais elle a généralement diminué d'une ou deux catégories dans l'ensemble de la Colombie-Britannique (figure 14-7). Font exception à cette règle les régions du nord-est, où des polygones des PPC relativement petits ont vu la population active de coliformes augmenter d'une ou deux catégories, et le sud de l'île de Vancouver. Cependant, les augmentations du risque de contamination par les coliformes ne sont pas encore détectables du bassin versant. Le risque de contamination de l'eau par les coliformes au niveau du bassin versant, dans cette région en particulier, dépendait beaucoup des conditions climatiques. Le niveau de risque variait de faible durant une année sèche à modéré durant une année humide.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pesticides)

Entre 1981 et 2006, la plupart des terres cultivées en Colombie-Britannique se classaient dans les catégories de risque faible et très faible pour la contamination de l'eau (tableau 15-2). On note cependant chaque année un petit pourcentage de terres cultivées dans les catégories de risque modéré à très élevé. Ces terres sont celles où la culture des fruits et légumes a accédé à la position dominante jadis occupée par les cultures fourragères, comme dans le sud-ouest de la province.

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

Les émissions nettes de GES en Colombie-Britannique en 2006 sont restées relativement constantes à 2,3 Mt CO_2e entre 1981 et 2006 (figure 24.1-6, tableau 16-1). Cependant, l'augmentation des populations animales durant cette période a fait passer les émissions de CH_4 de 1,2 Mt CO_2 à 1,4 Mt CO_2 (+17 p. 100), avec une augmentation correspondante de l'azote de fumier. Malgré cette augmentation, les émissions de N_2O sont restées relativement constantes à 0,9 Mt CO_2e entre 1981 et 2006. La stabilité relative des émissions de N_2O résulte d'une baisse des apports en azote des engrais synthétiques et des résidus de culture attribuable dans les deux cas à un recul général des cultures

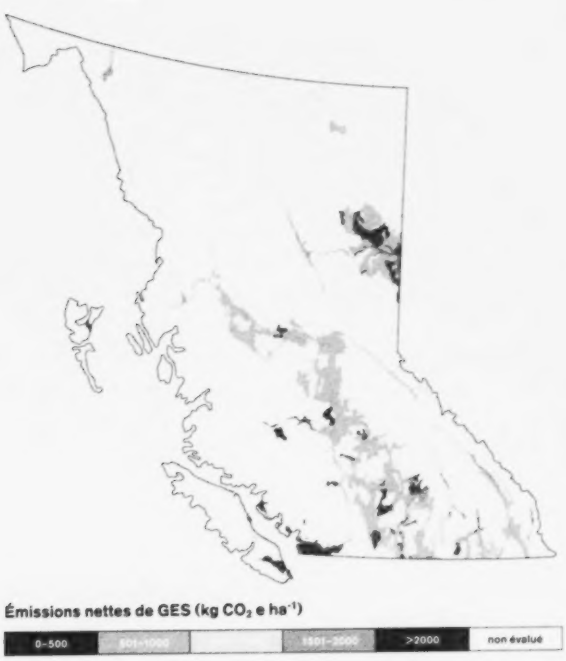


FIGURE 24.1-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole en Colombie-Britannique, 2006.

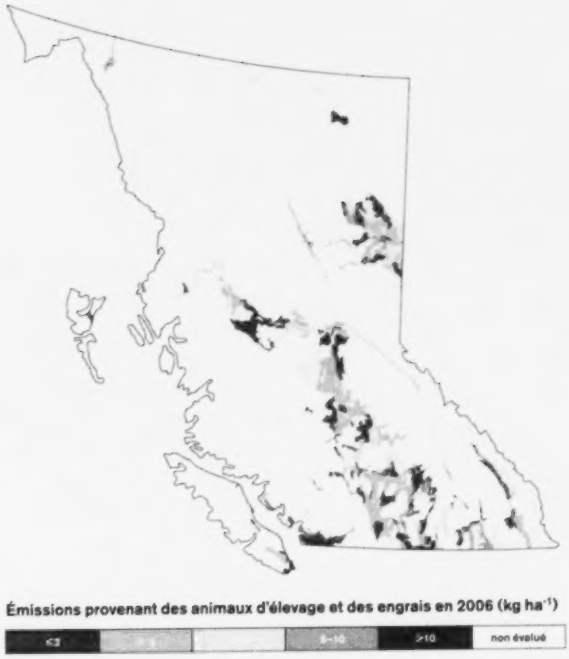


FIGURE 24.1-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en Colombie-Britannique en 2006.

céréalières en Colombie-Britannique. Les sols agricoles de cette province, qui constituaient une source mineure de CO_2 en 1981, avaient un effet à peu près neutre sur les émissions en 2006.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Les émissions d'ammoniac en Colombie-Britannique représentent environ 4 p. 100 des émissions canadiennes d'origine agricole (figure 24.1-7, tableau 17-2). La plupart de ces émissions sont générées par les bovins à viande et les vaches laitières, suivis par la volaille. Le volume d'émissions de NH_3 d'origine agricole a fléchi de 6 p. 100 entre 2001 et 2006 par suite d'une diminution du nombre d'animaux d'élevage. Le pourcentage de terres dans les catégories d'émissions élevées et très élevées est passé de 12 p. 100 en 2001 à 9 p. 100 in 2006 (tableau 17-1).

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Malgré une augmentation des émissions de particules provenant des activités d'élevage, la popularité croissante des pratiques de travail réduit du sol, conjuguée à la réduction de la superficie en jachère, a entraîné une baisse des émissions totales de particules en Colombie-Britannique. Entre 1981 et 2006, le TPS et les PM_{10} ont diminué de 4 p. 100, tandis que les $PM_{2,5}$ ont reculé de 11 p. 100 (tableau 18-1). Les émissions résultant de l'érosion éolienne et de la préparation des terres comptaient pour 17 p. 100 du TPS, 53 p. 100 des PM_{10} et 62 p. 100 des $PM_{2,5}$, soit moins que dans n'importe quelle autre province.

24.2 Alberta

Sommaire

Les terres agricoles représentent environ 33 p. 100 de la superficie totale de l'Alberta. La moitié de ces terres sont cultivées, près de la moitié sont des pâturages, et 7 p. 100 tombent dans la catégorie *toutes les autres terres* (tableau 24.2-1). Les principaux extrants agricoles de l'Alberta sont les bœufs et bovins, suivis par le canola et le blé. La période 1981–2006 a vu une amélioration de la performance agroenvironnementale associée à la gestion des terres et à la qualité des sols, les indicateurs révélant des progrès dans l'utilisation des terres, l'érosion, la couverture des sols, le carbone du sol et la salinisation. Il reste toutefois du chemin à faire pour améliorer la qualité de l'eau, car le risque de contamination de l'eau par l'azote, le phosphore et les coliformes a augmenté. Il en va de même pour les émissions d'ammoniac et de gaz à effet de serre, malgré une plus grande séquestration du carbone par les sols. La capacité d'habitat faunique et la contamination du sol par les éléments traces sont restées inchangées entre 1981 et 2006.

TABLEAU 24.2-1 Sommaire des statistiques d'agriculture en Alberta, 2006

Données sur les terres (hectare (ha))	
Superficie totale	66,2 millions ha
Superficie totale des terres	64,2 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	21,1 millions ha
Terres cultivées	50 %
Terres de pasturage	43 %
Terres utilisées à d'autres fins	7 %
Superficie agricole moyenne	427 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	49 431
Nombre total de familles	38 000
Nombre total d'exploitants	71 660
Âge moyen des exploitants	52
Principaux extrants agricoles	
Bovins et veaux	2,9 milliards $
Canola	990 millions $
Blé	616 millions $
Porcs et porcelets	496 millions $
Produits laitiers	382 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	11,8 millions
Bovins et veaux	6,4 millions
Porcs et porcelets	2 millions
Vaches laitières	79 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	1,1 milliard $
Revenu monétaire total	7,8 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	6,7 milliards $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	20 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	32 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	15 %
Plus de 100 000 $	33 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	266
Valeur totale des livraisons	9,6 milliards $
Transformation des aliments	8,8 milliards $
Produits de viande	53 %
Mouture de céréales et de graines oléagineuses	14 %
Produits de boulangerie et tortillas	11 %
Produits alimentaires pour animaux	7 %
Autres aliments	15 %
Boissons	800 millions $
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	4,4 milliards $
Exportations	
Total des exportations agricoles	5,8 milliards $
Produits en vrac	36 %
Produits intermédiaires	32 %
Produits de consommation	32 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	2, 6 milliards $
Japon	776 millions $
Mexique	396 millions $
Chine	231 millions $
Corée du Sud	123 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	1, 4 milliard $
Produits en vrac	3 %
Produits intermédiaires	12 %
Produits de consommation	85 %

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

Avec 21 millions d'hectares en 2006 (par rapport à 19 millions en 1981), l'Alberta était la deuxième province du Canada pour la superficie des terres agricoles, comptant pour environ 31 p. 100 de la superficie canadienne totale (figure 24.2-1). Sur la période de 25 ans, la superficie en jachère a été ramenée à seulement 4 p. 100 des terres agricoles, et les terres cultivées ont augmenté à peu près dans la même proportion (tableau 4-1). C'est dans le corridor Lethbridge-Edmonton que la proportion de terres cultivées par rapport à la superficie agricole totale a le plus augmenté (figure 4-1). Les producteurs ont diversifié leur production, ce qui a réduit la proportion des terres cultivées en céréales et augmenté la superficie consacrée à la production d'oléagineux, de légumineuses et de fourrages (tableau 4-2). L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a considérablement diminué entre 1991 et 2006, tandis que le recours aux méthodes de conservation et sans travail du sol a gagné en popularité (tableau 4-3). La gestion des jachères montrait une tendance semblable vers la réduction des labours intensifs et l'augmentation du semis direct (tableau 4-3), mais la pratique consistant à contrôler les mauvaises herbes au moyen d'une combinaison de travail du sol et de produits chimiques a perdu du terrain. La superficie consacrée au pâturage et à la production de fourrages a augmenté avec l'expansion de l'industrie de l'élevage. Toutes les populations d'animaux d'élevage ont grossi durant cette période, particulièrement les bovins et les porcs, dont le nombre a augmenté de 52 p. 100 et 71 p. 100 respectivement (tableau 4-4).

Terres agricoles en pourcentage de la superficie des polygones des PPC

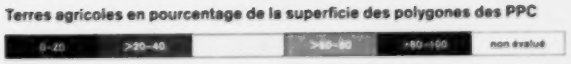


FIGURE 24.2-1 **Proportion des terres agricoles en Alberta, 2006.**

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Les programmes de planification environnementale à la ferme (PEF) étant relativement nouveaux dans les Prairies, le taux de participation des producteurs albertains est plutôt faible. En 2006, environ 13 p. 100 d'entre eux avaient élaboré un plan environnemental, et une autre tranche de 11 p. 100 avaient commencé à le faire (Statistique Canada, 2007). Malgré le faible taux d'adoption des programmes de PEF, les producteurs continuaient de mettre en œuvre des pratiques de gestion bénéfiques (PGB), 77 p. 100 d'entre eux ayant réduit la quantité d'engrais utilisée afin de compenser les éléments nutritifs ajoutés au sol par le fumier, et 65 p. 100 ayant adopté la pratique optimale qui consiste à incorporer le fumier solide épandu à la volée. Des améliorations sont toutefois possibles, car seulement 4 p. 100 du fumier solide était stocké sur une dalle imperméable.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

Dans l'ensemble, l'Alberta affichait une hausse de 6 p. 100 du nombre de jours de sol couvert entre 1981 et 2006, avec un taux de changement relativement constant au cours de la période à l'étude (tableau 6-1). Le degré de couverture des sols a augmenté de 6 p. 100 dans le sud de la province, de 10 p. 100 dans la région du centre et de 5 p. 100 dans les régions du nord et de la rivière de la Paix. Partout dans la province, la couverture des sols s'est améliorée grâce à une réduction de la superficie en jachère, à une augmentation des cultures vivaces et à l'expansion des terres cultivées peu ou pas labourées. Les gains réalisés dans la couverture des sols ont été neutralisés par une réduction des cultures céréalières et une vaste augmentation de la superficie consacrée aux oléagineux, aux pommes de terre et à la culture des pois, des haricots et des lentilles, qui réduisent tous la couverture des sols par rapport aux cultures vivaces. En 2006, 58 p. 100 des terres cultivées en Alberta se classaient dans la catégorie élevée de couverture du sol, et il n'y avait aucune terre dans les catégories très élevée et très faible. Les terres où le nombre de jours de sol couvert était faible se trouvaient toutes dans la partie située à l'extrême sud-est de la province, où le déficit hydrique limite la croissance végétative des cultures.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, les habitats agricoles de l'Alberta étaient occupés par 419 vertébrés terrestres, dont 76 espèces sensibles (figure 7-1). En 2006, 60 p. 100 des terres agricoles avaient une faible capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}); 25 p. 100, une capacité très faible; et 14 p. 100,

une capacité modérée (tableau 7-1). Il n'y a pas eu de changement important à l'échelle provinciale entre 1986 et 2006, la CH_{ra} étant restée constante sur 82 p. 100 des terres agricoles (tableau 7-2).

La CH_{ra} a été généralement stable parce qu'il y a eu peu de changements dans la proportion relative des deux types de couverture qui ont la plus grande valeur pour la faune. Les pâturages non améliorés avaient à peine reculé, tandis que toutes les autres terres étaient restées constantes. La majorité des terres agricoles (85 p. 100) avaient toutefois une CH_{ra} faible ou très faible étant donné la proportion relativement faible de terres naturelles et semi-naturelles dans un paysage dominé par les terres cultivées, où seulement 4 p. 100 des espèces fauniques des Prairies peuvent répondre à tous leurs besoins en reproduction et alimentation. Il est à noter que la perte localisée de toutes les autres terres et des pâturages non améliorés, qui n'a pas été détectée à l'échelle provinciale, s'est produite durant cette période et pourrait avoir des incidences négatives sur la capacité d'habitat faunique. La superficie des zones humides de l'Alberta a notamment diminué de 6 p. 100 entre 1985 et 2001 (Watmough et Schmoll, 2007).

En 2006, 55 p. 100 des terres agricoles avaient une faible capacité d'habitat pour l'hibernation (CH_h), 5 p. 100, une capacité élevée et 0 p. 100, une capacité très élevée (tableau 7-3). La faiblesse de la CH_h était surtout attribuable au fait que toutes les autres terres constituaient seulement une petite partie du paysage agricole et à l'effet modérateur des pâturages non améliorés, qui représentaient 31 p. 100 des terres agricoles.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

Le risque d'érosion du sol a considérablement baissé en Alberta, le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible passant de 61 p. 100 en 1981 à 87 p. 100 en 2006 (figure 24.2-2, tableau 8-1). L'amélioration du risque d'érosion est en grande partie attribuable à la réduction du risque d'érosion éolienne. La proportion de terres à très faible risque d'érosion éolienne, qui était de 85 p. 100 en 1981, est montée à 97 p. 100 en 2006, tandis que le pourcentage de terres classées dans les catégories de risque modéré à très élevé d'érosion éolienne a été ramené de 4 p. 100 à 1 p. 100 (tableau 8-3). Les sols sableux sous culture intensive de toute la province courent un risque modéré à élevé d'érosion éolienne. Comme la plupart des terres cultivées de l'Alberta ont une surface limoneuse ou argileuse, celles classées dans la catégorie de risque modéré ou élevé d'érosion éolienne sont surtout les terres limoneuses ou argileuses soumises à un travail intensif du sol, qui se trouvent dans le sud de la province. Cette région court un risque élevé d'érosion, car c'est la partie la plus venteuse et la plus sèche de la province. Le risque d'érosion éolienne est invariablement élevé dans les champs du Sud de l'Alberta qui ont été labourés et irrigués après avoir servi à la culture de la pomme de terre ou de la betterave à sucre. Dans le cas de l'érosion par le travail du sol, on a enregistré de modestes hausses dans la catégorie de risque très faible (tableau 8-4). Le risque d'érosion hydrique ne donne généralement pas lieu à de grandes inquiétudes en Alberta, surtout à cause des conditions climatiques et topographiques. En 2006, 95 p. 100 à 98 p. 100 des terres cultivées se classaient dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique (tableau 8-2). Le risque d'érosion hydrique doit toutefois être géré lorsque les sols cultivés se trouvent sur des pentes plus longues et plus raides telles que les collines Hand. Le recul du risque d'érosion du sol est en partie attribuable à la réduction de la superficie en jachère survenue entre 1981 et 2006. L'adoption croissante des méthodes sans travail du sol est largement responsable de la réduction de l'intensité des labours et de l'érosion du sol sur les terres cultivées.

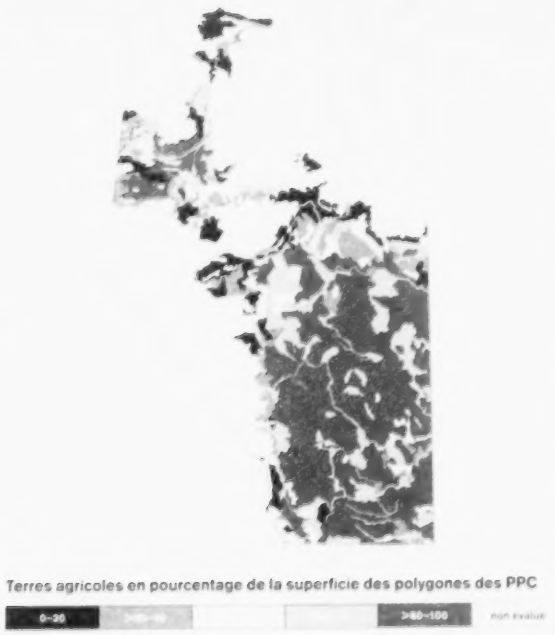
FIGURE 24.2-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Alberta selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Le pourcentage de terres dont la teneur en carbone organique du sol (COS) était à la hausse est passé de seulement 27 p. 100 des terres cultivées en 1981 à 73 p. 100 en 2006 (Figure 24.2-3, tableau 9-1). Seulement 1 p. 100 à 2 p. 100 des terres cultivées ont perdu du COS entre 1981 et 2006. Le carbone organique relatif (COR) était généralement inférieur à 1 (valeur moyenne : 0,79) en 2006, les valeurs les plus élevées étant enregistrées dans la partie centrale de la province et les plus faibles, dans le

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

Avec 21 millions d'hectares en 2006 (par rapport à 19 millions en 1981), l'Alberta était la deuxième province du Canada pour la superficie des terres agricoles, comptant pour environ 31 p. 100 de la superficie canadienne totale (figure 24.2-1). Sur la période de 25 ans, la superficie en jachère a été ramenée à seulement 4 p. 100 des terres agricoles, et les terres cultivées ont augmenté à peu près dans la même proportion (tableau 4-1). C'est dans le corridor Lethbridge-Edmonton que la proportion de terres cultivées par rapport à la superficie agricole totale a le plus augmenté (figure 4-1). Les producteurs ont diversifié leur production, ce qui a réduit la proportion des terres cultivées en céréales et augmenté la superficie consacrée à la production d'oléagineux, de légumineuses et de fourrages (tableau 4-2). L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a considérablement diminué entre 1991 et 2006, tandis que le recours aux méthodes de conservation et sans travail du sol a gagné en popularité (tableau 4-3). La gestion des jachères montrait une tendance semblable vers la réduction des labours intensifs et l'augmentation du semis direct (tableau 4-3), mais la pratique consistant à contrôler les mauvaises herbes au moyen d'une combinaison de travail du sol et de produits chimiques a perdu du terrain. La superficie consacrée au pâturage et à la production de fourrages a augmenté avec l'expansion de l'industrie de l'élevage. Toutes les populations d'animaux d'élevage ont grossi durant cette période, particulièrement les bovins et les porcs, dont le nombre a augmenté de 52 p. 100 et 71 p. 100 respectivement (tableau 4-4).



Proportion des terres agricoles en Alberta, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Les programmes de planification environnementale à la ferme (PEF) étant relativement nouveaux dans les Prairies, le taux de participation des producteurs albertains est plutôt faible. En 2006, environ 13 p. 100 d'entre eux avaient élaboré un plan environnemental, et une autre tranche de 11 p. 100 avaient commencé à le faire (Statistique Canada, 2007). Malgré le faible taux d'adoption des programmes de PEF, les producteurs continuaient de mettre en œuvre des pratiques de gestion bénéfiques (PGB), 77 p. 100 d'entre eux ayant réduit la quantité d'engrais utilisée afin de compenser les éléments nutritifs ajoutés au sol par le fumier, et 65 p. 100 ayant adopté la pratique optimale qui consiste à incorporer le fumier solide épandu à la volée. Des améliorations sont toutefois possibles, car seulement 4 p. 100 du fumier solide était stocké sur une dalle imperméable.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

Dans l'ensemble, l'Alberta affichait une hausse de 6 p. 100 du nombre de jours de sol couvert entre 1981 et 2006, avec un taux de changement relativement constant au cours de la période à l'étude (tableau 6-1). Le degré de couverture des sols a augmenté de 6 p. 100 dans le sud de la province, de 10 p. 100 dans la région du centre et de 5 p. 100 dans les régions du nord et de la rivière de la Paix. Partout dans la province, la couverture des sols s'est améliorée grâce à une réduction de la superficie en jachère, à une augmentation des cultures vivaces et à l'expansion des terres cultivées peu ou pas labourées. Les gains réalisés dans la couverture des sols ont été neutralisés par une réduction des cultures céréalières et une vaste augmentation de la superficie consacrée aux oléagineux, aux pommes de terre et à la culture des pois, des haricots et des lentilles, qui réduisent tous la couverture des sols par rapport aux cultures vivaces. En 2006, 58 p. 100 des terres cultivées en Alberta se classaient dans la catégorie élevée de couverture du sol, et il n'y avait aucune terre dans les catégories très élevée et très faible. Les terres où le nombre de jours de sol couvert était faible se trouvaient toutes dans la partie située à l'extrême sud-est de la province, où le déficit hydrique limite la croissance végétative des cultures.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, les habitats agricoles de l'Alberta étaient occupés par 419 vertébrés terrestres, dont 76 espèces sensibles (figure 7-1). En 2006, 60 p. 100 des terres agricoles avaient une faible capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH...); 25 p. 100, une capacité très faible; et 14 p. 100,

une capacité modérée (tableau 7-1). Il n'y a pas eu de changement important à l'échelle provinciale entre 1986 et 2006, la CH_{ov} étant restée constante sur 82 p. 100 des terres agricoles (tableau 7-2).

La CH_{ov} a été généralement stable parce qu'il y a eu peu de changements dans la proportion relative des deux types de couverture qui ont la plus grande valeur pour la faune. Les pâturages non améliorés avaient à peine reculé, tandis que toutes les autres terres étaient restées constantes. La majorité des terres agricoles (85 p. 100) avaient toutefois une CH_{ov} faible ou très faible étant donné la proportion relativement faible de terres naturelles et semi-naturelles dans un paysage dominé par les terres cultivées, où seulement 4 p. 100 des espèces fauniques des Prairies peuvent répondre à tous leurs besoins en reproduction et alimentation. Il est à noter que la perte localisée de toutes les autres terres et des pâturages non améliorés, qui n'a pas été détectée à l'échelle provinciale, s'est produite durant cette période et pourrait avoir des incidences négatives sur la capacité d'habitat faunique. La superficie des zones humides de l'Alberta a notamment diminué de 6 p. 100 entre 1985 et 2001 (Watmough et Schmoll, 2007).

En 2006, 55 p. 100 des terres agricoles avaient une faible capacité d'habitat pour l'hibernation (CH_h), 5 p. 100, une capacité élevée et 0 p. 100, une capacité très élevée (tableau 7-3). La faiblesse de la CH_h était surtout attribuable au fait que toutes les autres terres constituaient seulement une petite partie du paysage agricole et à l'effet modérateur des pâturages non améliorés, qui représentaient 31 p. 100 des terres agricoles.

EROSION DU SOL (Chapitre 8)

Le risque d'érosion du sol a considérablement baissé en Alberta, le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible passant de 61 p. 100 en 1981 à 87 p. 100 en 2006 (figure 24.2-2, tableau 8-1). L'amélioration du risque d'érosion est en grande partie attribuable à la réduction du risque d'érosion éolienne. La proportion de terres à très faible risque d'érosion éolienne, qui était de 85 p. 100 en 1981, est montée à 97 p. 100 en 2006, tandis que le pourcentage de terres classées dans les catégories de risque modéré à très élevé d'érosion éolienne a été ramené de 4 p. 100 à 1 p. 100 (tableau 8-3). Les sols sableux sous culture intensive de toute la province courent un risque modéré à élevé d'érosion éolienne. Comme la plupart des terres cultivées de l'Alberta ont une surface limoneuse ou argileuse, celles classées dans la catégorie de risque modéré ou élevé d'érosion éolienne sont surtout les terres limoneuses ou argileuses soumises à un travail intensif du sol, qui se trouvent dans le sud de la province. Cette région court un risque élevé d'érosion, car c'est la partie la plus venteuse et la plus sèche de la province. Le risque d'érosion éolienne est invariablement élevé dans les champs du Sud de l'Alberta qui ont été labourés et irrigués après avoir servi à la culture de la pomme de terre ou de la betterave à sucre. Dans le cas de l'érosion par le travail du sol, on a enregistré de modestes hausses dans la catégorie de risque très faible (tableau 8-4). Le risque d'érosion hydrique ne donne généralement pas lieu à de grandes inquiétudes en Alberta, surtout à cause des conditions climatiques et topographiques. En 2006, 95 p. 100 à 98 p. 100 des terres cultivées se classaient dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique (tableau 8-2). Le risque d'érosion hydrique doit toutefois être géré lorsque les sols cultivés se trouvent sur des pentes plus longues et plus raides telles que les collines Hand. Le recul du risque d'érosion du sol est en partie attribuable à la réduction de la superficie en jachère survenue entre 1981 et 2006. L'adoption croissante des méthodes sans travail du sol est largement responsable de la réduction de l'intensité des labours et de l'érosion du sol sur les terres cultivées.

Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Alberta selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

MATIERE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Le pourcentage de terres dont la teneur en carbone organique du sol (COS) était à la hausse est passé de seulement 27 p. 100 des terres cultivées en 1981 à 73 p. 100 en 2006 (Figure 24.2-3, tableau 9-1). Seulement 1 p. 100 à 2 p. 100 des terres cultivées ont perdu du COS entre 1981 et 2006. Le carbone organique relatif (COR) était généralement inférieur à 1 (valeur moyenne : 0,79) en 2006, les valeurs les plus élevées étant enregistrées dans la partie centrale de la province et les plus faibles, dans le

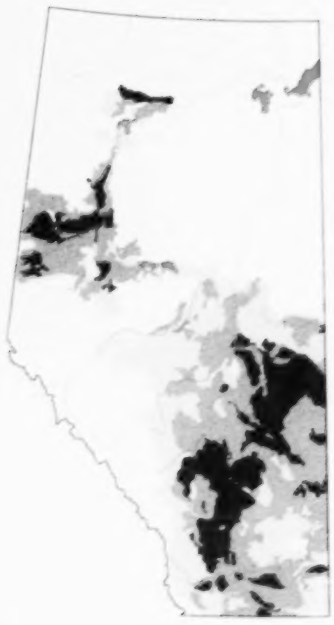


FIGURE 24.2-3 **Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha-1 an-1) en Alberta, 2006.**

nord-ouest (tableau 9-2, figure 9-4). Environ le quart des terres tombait dans la catégorie faible ou très faible de COR, et le COS était à la hausse dans 80 p. 100 de ces terres (tableau 9-4, figure 9-4). Des hausses cumulatives du COS attribuables à une réduction de la superficie en jachère et à un plus grand recours au travail de conservation du sol ont été observées partout dans la province, et les plus fortes augmentations liées à la conversion des cultures annuelles en cultures vivaces sont survenues dans le nord-ouest de la province (figures 9-2, 9-3).

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Le pourcentage de terres dans les différentes catégories de risque n'a pas changé entre 1981 et 2006 (tableau 10-1). Moins de 1 p. 100 des terres agricoles de l'Alberta pourraient se retrouver dans la catégorie de risque très élevé dans 100 ans si les pratiques de gestion en vigueur en 2006 étaient maintenues (figure 10-2).

L'augmentation des concentrations d'éléments traces (ET) dans le sol par rapport aux niveaux de base reflétait une certaine amélioration des pratiques entre 1981 et 2006 (tableau 10-2). Le pourcentage de terres où ces augmentations devaient atteindre entre 30 p. 100 et 50 p. 100 a baissé de 3 p. 100 durant cette période. On s'attend par ailleurs à ce que 90 p. 100 des terres agricoles de l'Alberta voient leurs concentrations d'ET s'accroître de 10 p. 100 à 30 p. 100 selon les pratiques en vigueur en 2006. L'Alberta a vu une augmentation de ses populations humaine et animales durant cette période (tableau 10-5). Étant donné la grande superficie agricole de l'Alberta, cette augmentation entraîne des hausses relativement faibles des concentrations d'ET au fil du temps.

SALINITÉ DU SOL (Chapitre 11)

En 2006, la plupart des terres (89 p. 100) se classaient dans la catégorie de risque très faible de salinisation, ce qui représente une augmentation de 8 p. 100 par rapport à 1981 (tableau 11-1). La proportion de terres dans la catégorie de risque très élevé est restée inchangée à 1 p. 100. La réduction du risque était principalement attribuable à une diminution de la surface en jachère conjuguée à une augmentation de la couverture végétale permanente. À l'échelle de la province, la superficie en jachère a régressé durant chaque période de recensement (figure 11-4). Malgré une baisse initiale, la superficie sous couverture végétale permanente est à la hausse depuis 1986.

Des polygones des Pédo-paysages du Canada (PPC) qui ont changé de catégorie de risque entre 1981 et 2006, la plupart ont progressé d'une catégorie et quelques-uns, de deux catégories. Quelques régions affichaient une augmentation d'une catégorie de risque découlant d'une hausse locale des surfaces en jachère combinée à une diminution de la superficie sous couverture végétale permanente (figure 11-3).

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

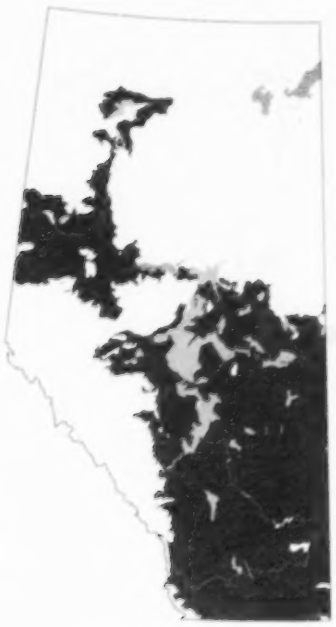
En 2006, 62 p. 100 des terres de l'Alberta se classaient dans les catégories d'ARS faible et très faible, 27 p. 100 dans la catégorie modérée et 10 p. 100 dans les catégories élevée et très élevée (tableau 12.1-1). Ceci représentait une migration vers les catégories d'ARS plus élevées puisqu'en 1981, 93 p. 100 des terres agricoles de l'Alberta se classaient dans les catégories faible ou très faible et 7 p. 100, dans la catégorie modérée. Les terres des catégories faible et très faible se trouvaient surtout dans l'Est de l'Alberta, et celles des catégories modérée, élevée et très élevée, dans le centre de la province.

La quantité d'ARS a augmenté graduellement de 1981 à 1996 puis marqué une pointe en 2001 avant de diminuer de façon marquée en 2006 (tableau 12.1-2). La hausse des apports d'azote intervenue entre 1981 et 2001 était due à une plus grande fixation d'azote par les cultures légumineuses et à une augmentation des engrais et du fumier épandus. La baisse d'ARS notée entre 2001 et 2006 était principalement attribuable au fait que les rendements et les pertes d'azote étaient plus élevés en 2006 qu'en 2001, car les apports d'azote n'ont guère changé entre 2001 et 2006.

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

Durant chacune des années de recensement, les terres agricoles de l'Alberta sont toutes restées dans les catégories de risque faible et très faible (figure 24.2-4). On note néanmoins que, sur la période de 25 ans, 7 p. 100 des terres ont fait le saut de la catégorie de risque très faible à la catégorie de risque faible.

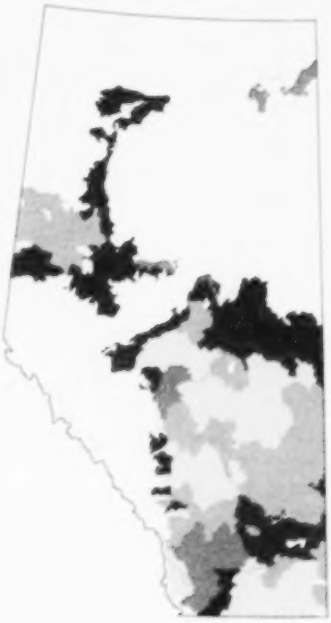
Les pertes d'azote hivernales et les concentrations de nitrates dans l'eau de drainage (figures 12.2-4 et 12.2-5) étaient très faibles, car le drainage hivernal, quoique très variable, était très faible (4 mm en moyenne – voir le tableau 12.2-3). La moyenne des précipitations hivernales (155 mm – voir le tableau 12.2-3) et de la teneur en eau du sol au printemps (261 mm) est encore bien inférieure à la capacité au champ ou quantité d'eau que le sol peut retenir avant un important drainage en profondeur. Autrement dit, la quantité estimative d'ARS, qui a augmenté avec le temps, ne courait pas un risque élevé de perte par lessivage en raison du climat généralement sec.



Catégories de risque de l'IRCE-N

FIGURE 24.2-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles en Alberta selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

PHOSPHORE (Chapitre 13)



Catégories de risque de l'IRCE-P

FIGURE 24.2-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles en Alberta selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

En 2006, 21 des 73 bassins versants de l'Alberta se classaient dans les catégories de risque modéré à très élevé de l'IRCE-P, 41 bassins versants étant passés à une catégorie de risque plus élevé entre 1981 et 2006 (figures 24.2-5 et 13-2). Les bassins versants dans les catégories de risque modéré et élevé se trouvaient surtout dans le corridor Lethbridge-Edmonton. Seuls deux bassins versants près de la région de Lethbridge, qui compte une forte population d'animaux d'élevage, se rangeaient dans la catégorie de risque très élevé. Dans l'ensemble, les niveaux de P à la source sont restés relativement faibles, plus de 90 p. 100 des terres agricoles de la province se classant dans les catégories de risque faible et très faible (tableau 13-2). On note toutefois une tendance générale à la hausse du bilan de P du sol au cours des 25 dernières années (figure 13-4), cette hausse étant attribuable à l'expansion rapide des industries porcine et bovine. Comme les cultures récoltées ne suffisent pas à absorber la quantité additionnelle de P provenant du fumier (figure 13-8), le bilan de P dans le sol a augmenté. La superficie cultivée totale a elle aussi augmenté durant cette période,

mais à un rythme plus lent, tandis que les ventes d'engrais sont restées constantes.

Deux bassins versants présentent un risque très élevé de contamination de l'eau par le phosphore, et il faudra faire preuve de vigilance dans un proche avenir pour prévenir le transfert graduel vers une catégorie de risque plus élevé des bassins versants situés dans le corridor Lethbridge-Edmonton.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

D'après l'évaluation du risque de contamination par les coliformes effectuée dans les bassins versants de l'Alberta, 61 p. 100 des terres agricoles couraient un risque faible ou très faible en 2006 (figure 14-2). Les risques plus élevés sont surtout associés aux coliformes actifs provenant du fumier déposé dans les pâturages, dont la quantité a augmenté entre 1981 et 2006 (figure 14-5). Cette tendance a été observée dans la partie centrale des bassins versants de Pembina, Wabamun et Blindman (figure 14-7). La population active de coliformes provenant du fumier épandu a aussi contribué aux valeurs élevées de l'IRCE-Coliformes observées dans le bassin versant de la rivière Oldman (figure 14-7) et, dans une moindre mesure, dans le reste de la province. Malgré l'expansion des terres agricoles survenue en Alberta entre 1981 et 2006, la densité croissante des populations bovine et porcine a fait augmenter la quantité de fumier et les autres sources de coliformes.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pesticides)

Entre 1981 et 2006, toutes les terres cultivées en Alberta couraient un risque faible à très faible de contamination de l'eau par les pesticides (tableau 15-2). Cette province affichait le plus faible risque de contamination de l'eau par les pesticides, avec seulement 1 p. 100 des terres dans la catégorie modérée en 1996. Bien que la quantité de pesticides utilisée soit la deuxième en importance au pays (figure 15-3), le climat relativement sec signifie qu'il y a peu de jours de pluie suffisante pour causer un ruissellement (tableau 15-3), ce qui réduit le risque de contamination de l'eau.

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

L'Alberta, province où l'on trouve le plus grand nombre de bovins à viande (43 p. 100 du total canadien), se classe en deuxième place après la Saskatchewan pour la production agricole et la consommation d'engrais azotés. C'est la province qui a produit le plus d'émissions nettes de GES d'origine agricole (13,8 Mt CO_2e) en 2006 (Figure 24.2-6, tableau 16-1). Entre 1981 et 2006, les émissions de CH_4 ont augmenté de 62 p. 100 et celles

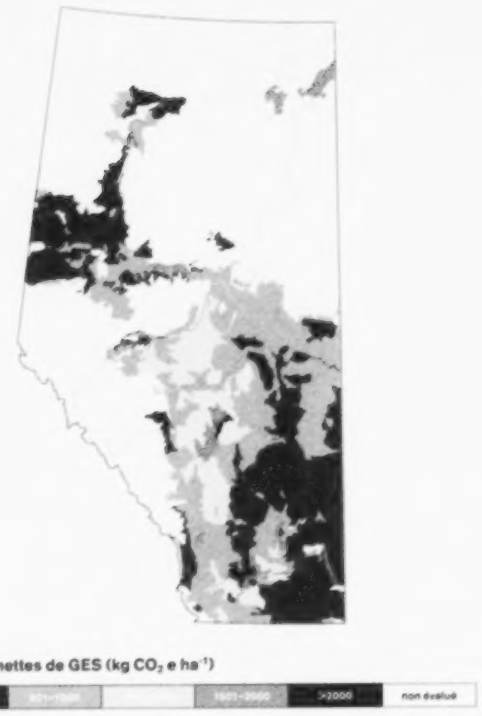


FIGURE 24.2-6 **Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole en Alberta, 2006.**

de N_2O ont grimpé de 37 p. 100. La hausse des émissions de CH_4 et N_2O découle en grande partie de l'accroissement du nombre de têtes de bétail, particulièrement les bovins à viande, et d'un recours accru aux engrais azotés. Malgré l'augmentation des émissions de CH_4 et N_2O, l'adoption répandue des pratiques de culture sans travail du sol, la réduction des jachères et la conversion de cultures annuelles en cultures vivaces ont eu un effet marqué sur les émissions de CO_2 provenant des sols agricoles, qui, d'une petite puits (-0,7 Mt CO_2) en 1981, étaient devenus un grand puits (-4,3 Mt CO_2) en 2006. En conséquence, la hausse des émissions de CH_4 et N_2O a été largement compensée par la baisse des émissions de CO_2, et les émissions nettes ont augmenté de 24 p. 100 entre 1981 et 2006.

AMMONIAC (Chapitre 17)

C'est l'Alberta qui produit le plus d'émissions de NH_3 d'origine agricole au Canada, avec 27 p. 100 du total (tableau 17-2). À lui seul, le secteur des bovins à viande génère 70 p. 100 des émissions de la province. La quantité d'émissions n'a pas connu de changement notable entre 2001 et 2006, le nombre d'animaux d'élevage étant resté relativement stable. La proportion de terres dans les catégories d'émissions faibles et modérées a augmenté de 7 p. 100, par suite d'un recul dans la catégorie des émissions très faibles (figure 24.2-7, tableau 17-1).

FIGURE 24.2-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en Alberta en 2006.

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Dans cette province, les émissions de particules d'origine agricole ont beaucoup baissé entre 1981 et 2006. Ces réductions s'établissaient à 46 p. 100 pour le TPS, 35 p. 100 pour les PM_{10} et 44 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). Les émissions de particules résultant de la préparation des terres et de l'érosion éolienne ont diminué entre 1981 et 2006, en conséquence de l'adoption de pratiques de travail réduit du sol et de la diminution de la superficie en jachère. Malgré une baisse nette du total des émissions de particules, celles liées aux activités d'élevage, de récolte et d'épandage des engrais ont augmenté. La plus forte hausse était enregistrée dans la catégorie des émissions provenant des activités d'élevage, la population animale ayant beaucoup augmenté entre 1981 et 2006.

24.3 Saskatchewan

Sommaire

Les terres agricoles, dont 67 p. 100 sont cultivées, 27 p. 100 sont des pâturages et 6 p. 100 tombent dans la catégorie *toutes les autres terres*, représentent environ 44 p. 100 de la superficie totale de la Saskatchewan (tableau 24.3-1). Les principaux extrants agricoles de la Saskatchewan sont le canola, les bovins et veaux et le blé. En ce qui concerne la performance agroenvironnementale de la Saskatchewan entre 1981 et 2006, il y a eu amélioration de la couverture des sols, du risque d'érosion, des niveaux de carbone dans le sol et du risque de salinisation. Les émissions de gaz à effet de serre et de particules ont diminué, mais il n'y a eu aucun changement dans la capacité d'habitat faunique des terres agricoles, la contamination du sol par les éléments traces et le risque de contamination de l'eau par l'azote. Quant au risque de contamination de l'eau par le phosphore, les coliformes et les pesticides, il a légèrement augmenté durant cette période.

TABLEAU 24.3-1 Sommaire des statistiques agricoles en Saskatchewan, 2006

Données sur les terres (hectares (ha))	
Superficie totale	65,1 millions ha
Superficie totale des terres	59,2 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	26 millions ha
Terres cultivées	67 %
Terres de pâturage	27 %
Terres utilisées à d'autres fins	6 %
Superficie agricole moyenne	587 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	44 329
Nombre total de familles	33 000
Nombre total d'exploitants	59 185
Âge moyen des exploitants	53
Principaux extrants agricoles	
Canola	1,1 milliard $
Bovins et veaux	1,1 milliard $
Blé	988 millions $
Porcs et porcelets	313 millions $
Pois secs	237 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	4,8 millions
Bovins et veaux	4,3 millions
Porcs et porcelets	1,4 million
Vaches laitières	28 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	1,2 milliard $
Revenu monétaire total	6,6 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	5,4 milliards $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	12 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	30 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	19 %
Plus de 100 000 $	39 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	130
Valeur totale des livraisons	2,3 milliards $
Transformation des aliments	2,2 milliards $
Mouture de céréales et d'oléagineux	40 %
Produits de viande	32 %
Produits alimentaires pour animaux	5 %
Autres aliments	23 %
Boissons	36 millions $
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	4,2 milliards $
Exportations	
Total des exportations agricoles	4,5 milliards $
Produits en vrac	66 %
Produits intermédiaires	31 %
Produits de consommation	3 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	1,1 milliard $
Japon	457 millions $
Mexique	293 millions $
Inde	261 millions $
Chine	201 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	253 millions $
Produits en vrac	5 %
Produits intermédiaires	19 %
Produits de consommation	76 %

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La Saskatchewan comptait pour environ 38 p. 100 de la superficie agricole canadienne, ou environ 26 millions d'hectares, en 2006 (figure 24.3-1). La superficie cultivée a peu changé pendant la période de 25 ans examinée. Une diminution importante de la superficie en jachère a entraîné une augmentation des terres cultivées, ajouté 64 000 hectares aux pâturages (dont le pourcentage est toutefois resté à 27 p. 100 des terres agricoles) et haussé le pourcentage de toutes les autres terres (tableau 4-1). Les plus fortes hausses dans la proportion des terres cultivées par rapport à la superficie agricole ont été enregistrées dans la partie centrale de la province (figure 4-1). Les systèmes culturaux se sont diversifiés, avec une réduction des terres cultivées en céréales et une augmentation des terres consacrées aux cultures oléagineuses, légumineuses et fourragères (tableau 4-2). La proportion des terres cultivées selon les méthodes classiques de travail et de conservation du sol a diminué entre 1991 et 2006, tandis que celle des terres cultivées sans travail du sol a grimpé à 60 p. 100 (tableau 4-3). Il y a eu une baisse de la proportion des terres en jachère où les mauvaises herbes sont contrôlées par travail du sol, seul ou en combinaison avec des produits chimiques, tandis que le pourcentage des terres en jachère traitées uniquement avec des produits chimiques est passé de 4 p. 100 en 1991 à 38 p. 100 en 2006 (tableau 4-3). Les populations d'animaux d'élevage ont augmenté dans toutes les catégories entre 1981 et 2006, surtout dans le secteur porcin, où la hausse s'élevait à 142 p. 100 (tableau 4-4).

Terres agricoles en pourcentage de la superficie des polygones des PPC

0–20 | >20–40 | >60–80 | >80–100 | non évalué

FIGURE 24.3-1 Proportion des terres agricoles en Saskatchewan, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Le programme de planification environnementale à la ferme (PEF) est relativement nouveau dans les Prairies, ce qui explique sans doute pourquoi seulement 11 p. 100 des producteurs de la Saskatchewan avaient élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 14 p. 100 était en train de le faire en 2006 (Statistique Canada, 2007). Malgré ces faibles taux, les producteurs de la Saskatchewan ont adopté des pratiques de gestion bénéfiques afin de réduire le risque environnemental et d'améliorer la performance dans ce dossier. Dix-neuf pour cent (19 p. 100) des producteurs de la Saskatchewan ont aménagé une zone tampon riveraine le long des voies d'eau, 18 p. 100 en ont aménagé autour des terres humides permanentes, et 16 p. 100 maintiennent une distance de séparation le long des voies d'eau ou autour des terres humides permanentes. Vingt-et-un pour cent (21 p. 100) des producteurs procèdent à des analyses de sol chaque année, et 32 p. 100 le font tous les deux ou trois ans. En ce qui concerne l'accès des animaux en pâturage aux eaux de surface, 13 p. 100 des producteurs offrent un accès limité, 59 p. 100, un accès saisonnier et 26 p. 100, un accès illimité en toutes saisons. Il y aurait donc matière à amélioration dans la gestion des pâturages.

COUVERTURE DU SOL (Chapitre 6)

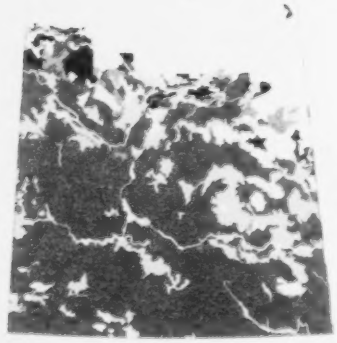
C'est en Saskatchewan qu'on trouvait la plus forte augmentation provinciale moyenne dans la couverture des sols survenue entre 1981 et 2006 (+10 p. 100), la plus forte hausse ayant été enregistrée entre 1986 et 1991. Les hausses régionales variaient entre 8 p. 100 dans le nord et 10 p. 100 dans le sud. La forte augmentation de la couverture moyenne des sols découlait d'une réduction de la superficie en jachère, de la progression des cultures vivaces et de l'adoption accrue des pratiques de conservation et sans travail du sol sur les terres cultivées et en jachère. Cette amélioration a été obtenue malgré une hausse des cultures oléagineuses et légumineuses et un recul des cultures céréalières. En 2006, aucune des terres agricoles de la Saskatchewan ne se classait dans la catégorie très élevée ou très faible, mais 36 p. 100 appartenaient à la catégorie élevée et 36 p. 100, à la catégorie faible (tableau 6-2). Comme en Alberta, les terres à faible couverture des sols se retrouvaient presque toutes dans le sud-ouest de la province, où le manque d'humidité limite la croissance des cultures.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

Les terres agricoles de la Saskatchewan sont utilisées par 370 espèces à des fins de reproduction, d'alimentation ou d'hibernation (figure 7-1). En 2006, la plupart des terres agricoles

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La Saskatchewan comptait pour environ 38 p. 100 de la superficie agricole canadienne, ou environ 26 millions d'hectares, en 2006 (figure 24.3-1). La superficie cultivée a peu changé pendant la période de 25 ans examinée. Une diminution importante de la superficie en jachère a entraîné une augmentation des terres cultivées, ajouté 64 000 hectares aux pâturages (dont le pourcentage est toutefois resté à 27 p. 100 des terres agricoles) et haussé le pourcentage de toutes les autres terres (tableau 4-1). Les plus fortes hausses dans la proportion des terres cultivées par rapport à la superficie agricole ont été enregistrées dans la partie centrale de la province (figure 4-1). Les systèmes culturaux se sont diversifiés, avec une réduction des terres cultivées en céréales et une augmentation des terres consacrées aux cultures oléagineuses, légumineuses et fourragères (tableau 4-2). La proportion des terres cultivées selon les méthodes classiques de travail et de conservation du sol a diminué entre 1991 et 2006, tandis que celle des terres cultivées sans travail du sol a grimpé à 60 p. 100 (tableau 4-3). Il y a eu une baisse de la proportion des terres en jachère où les mauvaises herbes sont contrôlées par travail du sol, seul ou en combinaison avec des produits chimiques, tandis que le pourcentage des terres en jachère traitées uniquement avec des produits chimiques est passé de 4 p. 100 en 1991 à 38 p. 100 en 2006 (tableau 4-3). Les populations d'animaux d'élevage ont augmenté dans toutes les catégories entre 1981 et 2006, surtout dans le secteur porcin, où la hausse s'élevait à 142 p. 100 (tableau 4-4).



Proportion des terres agricoles en Saskatchewan, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Le programme de planification environnementale à la ferme (PEF) est relativement nouveau dans les Prairies, ce qui explique sans doute pourquoi seulement 11 p. 100 des producteurs de la Saskatchewan avaient élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 14 p. 100 était en train de le faire en 2006 (Statistique Canada, 2007). Malgré ces faibles taux, les producteurs de la Saskatchewan ont adopté des pratiques de gestion bénéfiques afin de réduire le risque environnemental et d'améliorer la performance dans ce dossier. Dix-neuf pour cent (19 p. 100) des producteurs de la Saskatchewan ont aménagé une zone tampon riveraine le long des voies d'eau, 18 p. 100 en ont aménagé autour des terres humides permanentes, et 16 p. 100 maintiennent une distance de séparation le long des voies d'eau ou autour des terres humides permanentes. Vingt-et-un pour cent (21 p. 100) des producteurs procèdent à des analyses de sol chaque année, et 32 p. 100 le font tous les deux ou trois ans. En ce qui concerne l'accès des animaux en pâturage aux eaux de surface, 13 p. 100 des producteurs offrent un accès limité, 59 p. 100, un accès saisonnier et 26 p. 100, un accès illimité en toutes saisons. Il y aurait donc matière à amélioration dans la gestion des pâturages.

COUVERTURE DU SOL (Chapitre 6)

C'est en Saskatchewan qu'on trouvait la plus forte augmentation provinciale moyenne dans la couverture des sols survenue entre 1981 et 2006 (+10 p. 100), la plus forte hausse ayant été enregistrée entre 1986 et 1991. Les hausses régionales variaient entre 8 p. 100 dans le nord et 10 p. 100 dans le sud. La forte augmentation de la couverture moyenne des sols découlait d'une réduction de la superficie en jachère, de la progression des cultures vivaces et de l'adoption accrue des pratiques de conservation et sans travail du sol sur les terres cultivées et en jachère. Cette amélioration a été obtenue malgré une hausse des cultures oléagineuses et légumineuses et un recul des cultures céréalières. En 2006, aucune des terres agricoles de la Saskatchewan ne se classait dans la catégorie très élevée ou très faible, mais 36 p. 100 appartenaient à la catégorie élevée et 36 p. 100, à la catégorie faible (tableau 6-2). Comme en Alberta, les terres à faible couverture des sols se retrouvaient presque toutes dans le sud-ouest de la province, où le manque d'humidité limite la croissance des cultures.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

Les terres agricoles de la Saskatchewan sont utilisées par 370 espèces à des fins de reproduction, d'alimentation ou d'hibernation (figure 7-1). En 2006, la plupart des terres agricoles

avaient une très faible capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) et il n'y avait aucune terre dans les catégories élevée et très élevée (tableau 7-1). La CH_{ra} provinciale n'a pas beaucoup changé entre 1986 et 2006. En effet, elle est restée constante sur 88 p. 100 des terres agricoles, a légèrement baissé sur 4 p. 100 et a connu une faible hausse sur 8 p. 100 (tableau 7-2).

Comme dans les autres provinces des Prairies, la CH_{ra} a été généralement stable, puisqu'il n'y a eu que des changements mineurs dans la proportion constituée par toutes les autres terres et par les pâturages non améliorés (<1 p. 100). Les types de couverture qui ont la plus grande valeur pour la faune – toutes les autres terres et les pâturages non améliorés – constituaient 6 p. 100 et 20 p. 100 des terres agricoles respectivement, ce qui laisse les terres cultivées comme couverture dominante. La proportion relativement faible d'habitats naturels et semi-naturels était la principale raison pour laquelle la plupart des terres agricoles avaient une CH_{ra} très faible. Sur les terres cultivées, le recul dans la proportion des cultures céréalières et des jachères et l'expansion des terres à foin pourraient avoir eu un effet bénéfique sur la faune, tandis que la progression des terres cultivées en oléagineux et en légumineuses ont réduit la CH_{ra}.

En 2006, la CH_h provinciale était faible, car la plupart des terres tombaient dans les catégories faible (54 p. 100) et très faible (37 p. 100) et seulement 1 p. 100, dans les catégories élevée et très élevée (tableau 7-3). La CH_h était faible parce que toutes les autres terres et les pâturages non améliorés ne constituaient qu'une portion relativement modeste des terres agricoles provinciales.

Santé du sol

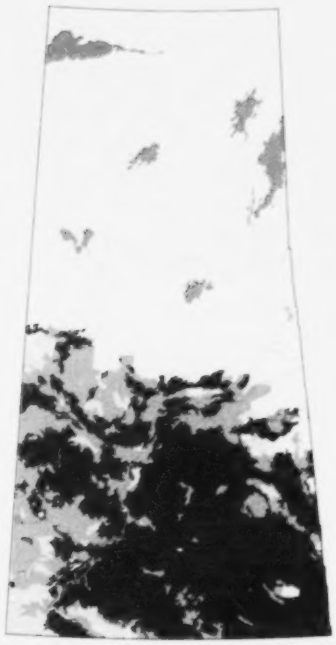
ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

En Saskatchewan, la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible pour l'érosion s'est hissée de 40 p. 100 en 1981 à 87 p. 100 en 2006 (figure 24.3-2, tableau 8-1). L'amélioration du risque est en grande partie attribuable à la réduction du risque d'érosion éolienne (tableau 8-3). Les sols sableux sous culture intensive connaissent un risque modéré à élevé d'érosion éolienne. Comme la plupart des terres cultivées ont une surface limoneuse ou argileuse, celles classées dans la catégorie de risque modéré à élevé d'érosion éolienne sont surtout les terres limoneuses ou argileuses soumises à un travail intensif du sol – qui se trouvent dans le Sud, particulièrement le Sud-Ouest, de la Saskatchewan. Le Sud de la Saskatchewan court un risque élevé d'érosion, car il s'agit de la partie la plus venteuse et la plus sèche de la province. En ce qui concerne l'érosion par les labours, la province a connu une modeste augmentation de la proportion de terres cultivées appartenant à la catégorie de risque très faible, proportion qui est passée de 72 p. 100 en 1981 à 97 p. 100 en 2006 (tableau 8-4). Étant donné les conditions climatiques et topographiques, le risque d'érosion hydrique ne donne généralement pas lieu à de vives inquiétudes en Saskatchewan, où 96 p. 100 à 98 p. 100 des terres se classent dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique (tableau 8-2). Le recul du risque d'érosion du sol est en partie attribuable à la réduction de la superficie en jachère et à l'adoption croissante du semis direct.

FIGURE 24.3-2 **Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Saskatchewan selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.**

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Le pourcentage de terres agricoles qui ont vu leur teneur en carbone organique du sol (COS) augmenter est passé de 1 p. 100 en 1981 à 93 p. 100 en 2006 (figure 24.3-3, tableau 9-1). La plupart des terres cultivées avaient vu des changements négligeables à faibles du COS en 1981, mais cette proportion a été ramenée à 6 p. 100 en 2006. Le taux de carbone organique relatif (COR) est de 0,7 ou plus dans le Nord et l'Est de la Saskatchewan et de 0,7 ou moins dans le sud et l'ouest de la province (figure 9-4). Ce schéma reflète sans doute la prédominance historique des exploitations agricoles combinant la culture des céréales et l'élevage dans le nord et l'est et des cultures céréalières avec jachères fréquentes dans le sud et l'ouest. Des hausses de COS découlant de la réduction des jachères et du travail du sol ont été enregistrées un peu partout dans la province. Pratiquement toutes les terres à teneur faible ou très faible en COR ont aussi vu une hausse du COS, ce qui indique une amélioration de la santé des sols (tableau 9-4).



Changement de carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1})

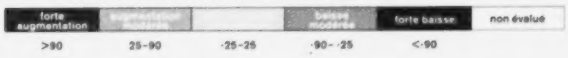


FIGURE 24.3-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1}) en Saskatchewan, 2006.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Les proportions de terres dans les différentes catégories de risque n'ont pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006. Moins de 1 p. 100 des terres agricoles de la Saskatchewan pourraient se retrouver dans la catégorie de risque très élevé dans 100 ans si les pratiques de gestion en vigueur en 2006 étaient maintenues (tableau 10-1).

Environ 96 p. 100 des terres de la Saskatchewan devraient voir leurs concentrations d'ET augmenter de 10 p. 100 à 30 p. 100 par rapport aux niveaux de base (tableau 10-2). Les populations humaines et d'animaux d'élevage de la Saskatchewan ont grossi entre 1981 et 2006 (tableau 10-5). Étant donné la grande superficie agricole de la Saskatchewan, cette augmentation se traduit par des hausses relativement mineures des concentrations d'ET au fil du temps.

SALINITÉ DU SOL (Chapitre 11)

Les terres dans la catégorie de risque très faible de salinisation sont passées de 65 p. 100 en 1981 à 72 p. 100 en 2006 (tableau 11-1). La catégorie de risque élevé réduit à 0 p. 100. La réduction du risque était principalement attribuable à une diminution de la surface en jachère combinée à une augmentation de la superficie sous couverture végétale permanente.

Des polygones des PPC qui ont changé de catégorie de risque entre 1981 et 2006, la plupart ont progressé d'une catégorie et plusieurs, de deux catégories. Quelques régions ont augmenté d'une catégorie de risque, surtout en raison d'une réduction locale de la superficie sous couverture végétale permanente (figure 11-3).

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

C'est en Saskatchewan qu'on trouvait les plus faibles niveaux d'ARS au Canada (8.6 kg N ha^{-1}) en 2006 (tableau 12.1-2). Quatre-vingt-seize pour cent (96 p. 100) des terres de la Saskatchewan appartenaient aux catégories d'ARS faible et très faible en 2006, ce qui représente une petite diminution par rapport à 1981, année où 100 p. 100 des terres agricoles se classaient dans ces catégories (tableau 12.1-1). Le pourcentage de terres dans la catégorie modérée est resté très faible (de 0 p. 100 à maximum par 14 p. 100) sur la période de 25 ans.

La quantité d'ARS a augmenté graduellement de 1981 à 1996 puis marqué une pointe en 2001 avant de diminuer de façon marquée en 2006 (tableau 12.1-2). Les apports d'azote en Saskatchewan sont passés de 18,2 kg N ha^{-1} en 1981 à 46,3 kg N ha^{-1} en 2006. Cette hausse était principalement attribuable à un plus grand recours aux engrais et à une augmentation de la quantité d'azote fixée par les cultures légumineuses. Quant à la baisse enregistrée entre 2001 et 2006, elle était surtout due à la hausse des pertes d'azote découlant des rendements plus élevés obtenus en 2006.

12.2-Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

Pratiquement toutes les terres agricoles de la Saskatchewan sont restées dans la catégorie de risque très faible tout au long de la période de 25 ans. Ce n'est qu'en 2001 et 2006 qu'il y avait des terres agricoles dans la catégorie de risque faible (1 p. 100 et 2 p. 100 respectivement)(figure 24.3-4).

Les pertes d'azote hivernales et les concentrations de nitrates dans l'eau de drainage étaient très faibles (figures 12.2-4 et 12.2-5), car le climat généralement sec de la Saskatchewan, comme celui de l'Alberta, fait que la plupart des sols ne dépassent pas la capacité au champ au printemps. L'ARS, dont la quantité estimative a augmenté avec le temps, ne courait pas un risque élevé de perte par lessivage en raison du climat sec. Les expériences au champ menées à long terme par Campbell et coll. (2006a et b) dans le Sud-Ouest de la Saskatchewan viennent confirmer les estimations selon lesquelles les bonnes pratiques de gestion agricole permettent de réduire ou même d'éliminer les pertes d'azote par lessivage.

Catégories de risque de l'IRCE-N

très faible | faible | modéré | élevé | très élevé | non évalué

FIGURE 24.3-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles en Saskatchewan selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Catégories de risque de l'IRCE-P

très faible | faible | modéré | élevé | très élevé | non évalué

FIGURE 24.3-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles en Saskatchewan selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

En 2006, deux régions de la Saskatchewan – la région de Swift Current et le secteur élargi du sud-est – contenaient des bassins versants dans les catégories de risque modéré et élevé de l'IRCE-P (figure 24.3-5). Treize des 61 bassins versants se classaient dans les catégories de risque modéré ou élevé, et 32 bassins versants sont passés à des catégories de risque plus élevé entre 1981 et 2006 (figure 13-2). En 2006, c'est en Saskatchewan qu'on trouvait le moins de P à la source, plus de 99 p. 100 des terres cultivées se classant dans les catégories de risque faible et très faible (tableau 13-2). La tendance sur 25 ans de l'utilisation des engrais phosphatés minéraux dans la province montrait une progression graduelle pour les 15 premières années mais un léger fléchissement pour les dix dernières années, bien que la superficie agricole totale ait augmenté. La province affichait aussi la plus faible densité de population animale au pays en 2006, et ce, malgré l'expansion des industries porcine et bovine. L'augmentation de la quantité de fumier et d'engrais phosphatés minéraux s'est soldée par un bilan de P positif global découlant des apports en P du fumier et des engrais entre 1981 et 2006 (figure 13-8).

Même avec le faible risque associé au niveau de P à la source, les valeurs de l'IRCE-P pour certains bassins versants agricoles étaient plus élevées en 2006 qu'en 1981. Ce phénomène est principalement attribuable à la plus grande quantité de pluie et de neige reçue en 2006 (figure 13-5).

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

D'après l'évaluation du risque de contamination de l'eau par les coliformes effectuée en 2006 dans les bassins versants de la Saskatchewan, ce risque était faible ou très faible pour 90 p. 100 des terres agricoles, mais modéré pour certains bassins versants regroupés dans le sud-est de la province (figure 14-2). Ces bassins versants sont ceux des rivières Assiniboine, Qu'Appelle et Souris. Les terres de ces régions se classent dans les catégories modéré à élevé pour les populations de coliformes déposés dans les pâturages (figure 14-5). C'est seulement en 1996 et 2006 qu'on trouvait des terres dans les catégories de risque modéré à élevé (tableau 14-1), ces terres correspondant à 10 p. 100 de la superficie agricole en 2006. Bien que les populations porcine et bovine aient augmenté entre 1981 et 2006, la Saskatchewan affichait la plus faible densité de population animale au pays en 2006.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IROWC-Pesticides)

Entre 1981 et 2006, la plupart des terres cultivées en Saskatchewan affichaient un risque faible ou très faible de contamination de l'eau par les pesticides (tableau 15-2). Bien que cette province utilise la plus grande quantité de pesticides au pays (figure 15-3) (environ 17 millions de kg en 2006), elle jouit d'un climat relativement sec avec peu de jours de pluie suffisante pour produire un ruissellement (tableau 15-3) susceptible de charrier les pesticides hors des champs traités.

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

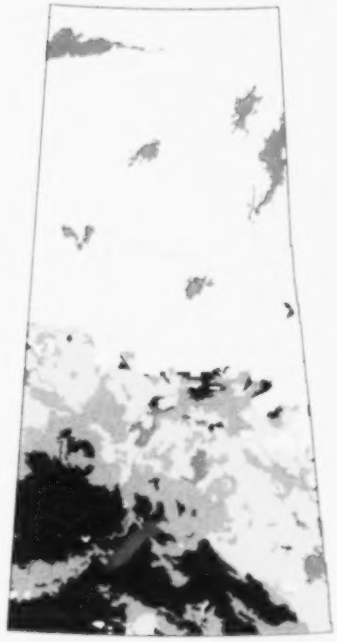
GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

En 2006, les émissions nettes de GES en Saskatchewan s'établissaient à 1,8 Mt CO_2e, ce qui représente une baisse de 73 p. 100 depuis 1981 (figure 24.3-6, tableau 16-1). Entre 1981 et 2006, les sols sont passés de l'état de puits (-0,3 Mt CO_2) à celui de puits (-9,1 Mt CO_2). Cependant, par suite de l'intensification de l'agriculture en Saskatchewan durant cette période, les émissions de CH_4 ont augmenté de 58 p. 100 et celles de N_2O, de 58 p. 100. L'utilisation d'engrais azotés a doublé en conséquence de l'augmentation, par les agriculteurs, de la quantité d'engrais appliqués aux cultures de blé et de la conversion à des cultures plus exigeantes en azote comme le canola. On note aussi un accroissement de la population d'animaux d'élevage, particulièrement les bovins à viande. La baisse des émissions nettes est attribuable à une recrudescence des pratiques qui favorisent la conservation du carbone dans le sol, comme la réduction des jachères et une plus grande utilisation des méthodes de culture sans travail du sol.

Émissions nettes de GES (kg CO_2 e ha^{-1})

FIGURE 24.3-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole en Saskatchewan, 2006.

AMMONIAC (Chapitre 17)



Émissions provenant des animaux d'élevage et des engrais en 2006 (kg ha^{-1})

FIGURE 24.3-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en Saskatchewan en 2006.

La Saskatchewan génère 21 p. 100 des émissions canadiennes de NH_3 d'origine agricole, ce qui la place au deuxième rang des provinces (tableau 17-2). Cinquante et un pour cent (51 p. 100) de ces émissions sont liées au secteur des bovins à viande et 39 p. 100, aux engrais. L'augmentation du nombre d'animaux d'élevage enregistrée entre 2001 et 2006 a fait monter les émissions de 3,2 p. 100 et ramené de 51 p. 100 à 36 p. 100 le pourcentage de terres dans la catégorie d'intensité très faible (figure 24.3-7, tableau 17-1). Ces terres ont été reclassées dans les catégories d'intensité faible et modérée.

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

La Saskatchewan, où l'on trouve la plus forte proportion de terres agricoles au Canada, produisait le plus d'émissions de particules d'origine agricole, soit plus de la moitié du total canadien (figure 18-2). La plupart de ces émissions étaient attribuables à l'érosion éolienne, la préparation des terres et la récolte. Cette province affichait aussi la plus grande baisse des émissions de particules entre 1981 et 2006 (tableau 18-1).

Le niveau élevé des émissions était principalement attribuable à la vaste superficie cultivée, combinée à une susceptibilité à l'érosion éolienne due aux types de sols dominants et aux conditions semi-arides de la région. La réduction des émissions de particules enregistrée en Saskatchewan entre 1981 et 2006 découlait surtout de la popularité croissante des pratiques de conservation et sans travail du sol, conjuguée à la diminution de la superficie en jachère.

24.4 Manitoba

Sommaire

Les terres agricoles représentent environ 14 p. 100 de la superficie totale du Manitoba, les principales cultures étant le canola et le blé. Les principaux extrants agricoles sont les porcs et porcelets, suivis par les bovins et veaux (tableau 24.4-1). La population d'animaux d'élevage, particulièrement les porcs et les bovins, a beaucoup augmenté depuis 1981. Les indicateurs agroenvironnementaux montrent une amélioration en ce qui concerne la couverture des sols, l'érosion (particulièrement par l'eau et le travail du sol), le carbone du sol et le risque de salinisation. La période 1981-2006 n'a vu aucun changement dans la disponibilité de l'habitat faunique et la contamination des sols par les éléments traces.

Le risque global de contamination de l'eau par l'azote, le phosphore, les coliformes et les pesticides est faible. Depuis 1981 cependant, une grande partie des terres agricoles du Manitoba sont passées de la catégorie de risque très faible aux catégories de risque faible et modéré, indiquant une baisse possible de la performance environnementale selon les pratiques en vigueur. La qualité de l'air affiche aussi une tendance à la baisse, les émissions de gaz à effet de serre et d'ammoniac ayant connu une hausse substantielle depuis 1981, surtout à cause d'une population accrue d'animaux d'élevage. L'amélioration des pratiques culturales a fait diminuer les émissions globales de particules, mais les émissions associées aux activités d'élevage ont augmenté.

TABLEAU 24.4-1 Sommaire des statistiques agricoles au Manitoba, 2006

Données sur les terres (hectare (ha)	
Superficie totale	64,8 millions ha
Superficie totale des terres	55,4 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	7,7 millions ha
Terres cultivées	63 %
Terres de pâturage	27 %
Terres utilisées à d'autres fins	10 %
Superficie agricole moyenne	405 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	19 054
Nombre total de familles	15 000
Nombre total d'exploitants	26 625
Âge moyen des exploitants	51
Principaux extrants agricoles	
Porcs et porccelets	829 millions $
Bovins et veaux	536 millions $
Canola	384 millions $
Blé	274 millions $
Produits laitiers	189 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	7,9 millions
Bovins et veaux	1,6 million
Porcs et porcelets	2,9 millions
Vaches laitières	44 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	0,5 milliard $
Revenu monétaire total	3,7 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	3,2 milliards $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	18 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	28 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	15 %
Plus de 100 000 $	39 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	146
Valeur totale des livraisons	4 milliards $
Transformation des aliments	3,7 milliards $
Produits de viande	41 %
Produits alimentaires pour animaux	16 %
Mouture de céréales et de graines oléagineuses	9 %
Autres aliments	34 %
Boissons	297 millions $
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	2,3 milliards $
Exportations	
Total des exportations agricoles	3,1 millards $
Produits en vrac	43 %
Produits intermédiaires	33 %
Produits de consommation	24 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	1,6 milliard $
Japon	435 millions $
Mexique	195 millions $
Chine	67 millions $
Indonésie	60 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	764 millions $
Produits en vrac	14 %
Produits intermédiaires	26 %
Produits de consommation	60 %

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie agricole du Manitoba, qui était de 7,7 millions d'hectares en 2006, a peu varié sur la période de 25 ans (figure 24.4-1). Par rapport à la superficie agricole totale, le pourcentage de terres cultivées a progressé de 3 p. 100 et celui des autres terres, de 6 p. 100 (tableau 4-1). Comme partout ailleurs dans l'Ouest, les jachères ont diminué mais, contrairement à ce qui s'est passé en Alberta et en Saskatchewan, les pâturages ont eux aussi reculé. Les producteurs ont diversifié leurs pratiques culturales, réduisant le pourcentage de terres céréalières et augmentant la superficie consacrée à la culture des oléagineux et des légumineuses (tableau 4-2). L'expansion des terres fourragères a plus que compensé la diminution des pâturages et appuyé une croissance modeste de l'élevage. L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué entre 1991 et 2006, tandis que le recours aux méthodes de conservation du sol et sans travail du sol a progressé (tableau 4-3). Comme en Alberta et en Saskatchewan, la gestion des jachères montrait une tendance à la réduction du travail du sol, la proportion des terres traitées uniquement par travail du sol ayant diminué tandis que celle des terres traitées uniquement au moyen de produits chimiques a augmenté. Mais, contrairement à la tendance enregistrée plus à l'ouest, la lutte contre les mauvaises herbes combinant le travail du sol et l'application de produits chimiques a gagné en popularité (tableau 4-3). Les populations d'animaux d'élevage ont toutes grossi entre 1981 et 2006. Le plus grand changement a été enregistré dans le secteur porcin, mais le nombre de moutons et de chèvres, de bovins, de volailles et de chevaux a aussi augmenté (tableau 4-4).

Terres agricoles en pourcentage de la superficie des polygones des PPC

FIGURE 24.4-1 Proportion des terres agricoles au Manitoba, 2006..

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

En 2006, 15 p. 100 des producteurs manitobains avaient élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 16 p. 100 étaient en train de le faire (Statistique Canada, 2007). Le programme de planification environnementale à la ferme était relativement nouveau dans les Prairies, ce qui explique le faible taux d'adoption en 2006. Les producteurs manitobains continuaient toutefois de mettre en œuvre des pratiques de gestion bénéfiques (PGB) afin de réduire le risque pour l'environnement. Soixante-seize pour cent (76 p. 100) d'entre eux ont réduit la quantité d'engrais utilisée afin de compenser les éléments nutritifs apportés par le fumier, 44 p. 100 des producteurs qui épandent du fumier liquide l'injectent directement dans le sol, et 37 p. 100 combinent l'application à la volée et l'incorporation dans le sol. Il y a néanmoins matière à amélioration, car seulement 36 p. 100 des producteurs qui stockent du fumier liquide le recouvrent et 15 p. 100 des producteurs qui ont des animaux en pâturage limitent l'accès aux eaux de surface. Soixante-trois pour cent (63 p. 100) des animaux en pâturage jouissent d'un accès saisonnier illimité aux eaux de surface, et 18 p. 100, d'un accès illimité en toutes saisons.

COUVERTURE DU SOL (Chapitre 6)

Le degré de couverture des sols au Manitoba a progressé de 9 p. 100 depuis 1981, passant à 297 JSC en 2006 (tableau 6-1). L'augmentation était de 11 p. 100 dans la partie sud-ouest de la province, de 5 p. 100 dans la vallée de la rivière Rouge et de 7 p. 100 dans la région d'Entre-les-Lacs. La couverture des sols dans la province a progressé par suite d'une réduction des jachères, d'une augmentation de la superficie consacrée aux cultures vivaces et d'une hausse du pourcentage de terres cultivées ou en jachère peu ou pas labourées. La diminution des superficies cultivées en végétaux laissant plus de résidus comme les céréales et la progression des cultures laissant moins de résidus comme les oléagineux, la pomme de terre et les légumineuses ont eu un effet négatif sur le degré de couverture des sols entre 1981 et 2006. La répartition provinciale des terres agricoles par catégorie de couverture des sols ressemblait beaucoup à celle prévalant en Alberta et en Saskatchewan, et il n'y avait aucune terre dans les catégories très élevée et très faible. Soixante pour cent (60 p. 100) des terres agricoles se classaient néanmoins dans la catégorie élevée en 2006 (tableau 6-2). Toutes les terres de la catégorie faible sont regroupées dans le sud de la province, où dominent les oléagineux et les légumineuses et où le foin et les pâturages sont relativement rares. On estime également que 25 p. 100 des résidus de culture dans cette région sont mis en balles et brûlés.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, 45 p. 100 des terres agricoles affichaient une faible capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}), 41 p. 100, une capacité très faible et 14 p. 100, une capacité modérée (tableau 7-1). La CH_{ra} provinciale moyenne est restée constante entre 1986 et 2006, aucun changement n'ayant été signalé pour 82 p. 100 des terres agricoles (tableau 7-2).

La CH_{ra} provinciale suit la tendance générale pour les Prairies, où le pourcentage des terres agricoles sous les couvertures ayant la plus grande valeur comme habitat faunique accusait seulement de légères variations. À l'échelle provinciale, toutes les autres terres et les pâturages non améliorés constituaient 11 p. 100 et 20 p. 100 respectivement des terres agricoles. La proportion relativement faible de couvertures terrestres naturelles et semi-naturelles dans le paysage agricole était la principale raison pour laquelle la majorité des terres agricoles avaient une CH_{ra} faible ou très faible. Les changements bénéfiques possibles incluaient la diminution des champs de céréales et des jachères et l'augmentation des terres à foin, tandis que l'expansion des terres cultivées en oléagineux, en maïs et en soya a fait baisser la CH_{ra}.

En 2006, le Manitoba affichait une faible capacité d'habitat pour l'hibernation (CH_h), la plupart des terres tombant dans les catégories faible (49 p. 100) et très faible (29 p. 100) (tableau 7-3). Comme dans les autres provinces des Prairies, la faiblesse de la CH_h découlait de la proportion relativement modeste de terres naturelles et semi-naturelles et de pâturages non améliorés.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

Le Manitoba a vu son risque d'érosion du sol diminuer entre 1981 et 2006, période durant laquelle la proportion de terres dans la catégorie de risque très faible est passée de 52 p. 100 à 79 p. 100 (figure 24.4-2, tableau 8-1). Des trois provinces des Prairies, c'est le Manitoba qui affiche le plus faible risque d'érosion par l'eau et par le travail du sol, malgré un risque relativement élevé d'érosion éolienne des sols sableux cultivés (plus de la moitié des terres dans les catégories de risque modéré à très élevé d'érosion éolienne ont une texture sableuse-limoneuse ou sableuse). Dans le cas de l'érosion attribuable au travail du sol, le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible a progressé de 92 p. 100 en 1981 à 98 p. 100 en 2006 (tableau 8-4). L'amélioration a été modeste mais, comme 70 p. 100 des terres agricoles de cette province appartiennent à la catégorie de très faible érodabilité, le risque d'érosion par le travail du sol est faible, même pour les cultures intensives. Étant donné les conditions climatiques et topographiques, le risque d'érosion hydrique n'est généralement pas une préoccupation majeure au Manitoba, où 98 p. 100 à 99 p. 100 des terres se classent dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique (tableau 8-2). Le risque d'érosion

FIGURE 24.4-2 **Risque d'érosion du sol des terres cultivées au Manitoba selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.**

hydrique reste important lorsque les sols cultivés se trouvent sur des pentes plus longues et plus raides telles que l'escarpement du Manitoba. Le recul du risque d'érosion du sol est attribuable en partie à la baisse du pourcentage de terres en jachère et à l'adoption croissante du semis direct.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Le Manitoba est la seule province où le COS a augmenté continuellement entre 1981 et 2006 (tableau 9-2). Le pourcentage de terres agricoles où le COS était à la hausse est passé de 69 p. 100 en 1981 à 83 p. 100 en 2006. La teneur en COR des terres du Manitoba est élevée par rapport à celle des autres provinces des Prairies (figure 24.4-3, tableau 9-1), ce qui reflète sans doute la prédominance historique des exploitations agricoles combinant la culture des céréales et l'élevage, le climat relativement productif et le peu de terres en jachère. L'augmentation cumulative du COS peut être liée à la réduction des jachères et du travail du sol ainsi qu'à la conversion des cultures annuelles en cultures vivaces (figures 9-2 et 9-3). Les plus fortes hausses du COS ont été enregistrées dans l'Ouest du Manitoba. Les résultats obtenus pour le COS et le COR indiquent que la santé des sols s'améliore, une grande partie des terres agricoles ayant une teneur élevée ou très élevée en COR et 85 p. 100 de ces terres ayant vu leur teneur en COS augmenter en 2006 (tableau 9-4).

FIGURE 24.4-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1}) au Manitoba, 2006.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Les pourcentages de terres dans les différentes catégories de risque n'ont pas changé entre 1981 et 2006. La catégorie de risque élevé comptait pour 23 p. 100 des terres agricoles, tandis que seulement environ 2 p. 100 des terres agricoles du Manitoba pourraient se retrouver dans la catégorie de risque très élevé dans 100 ans si les pratiques de gestion en vigueur en 2006 étaient maintenues (tableau 10-1). Les régions à risque très élevé (figure 10-2) sont associées à l'agriculture sur des sols sableux, et la région autour de Winnipeg se classe dans cette catégorie en raison de la proximité d'un centre urbain et de l'élevage.

Les concentrations d'ET devraient augmenter par rapport aux niveaux de base, de moins de 30 p. 100 sur 82 p. 100 de la vaste majorité des terres (tableau 10-2) et de moins de 50 p. 100 sur 17 p. 100 des terres restantes.

SALINITÉ DU SOL (Chapitre 11)

La superficie présentant un risque modéré à très élevé de salinisation a accusé une forte baisse (de 19 p. 100 à 10 p. 100) entre 1981 et 2006 (tableau 11-1), avec plus de terre dans le catégorie de risque très faible. La diminution du risque de salinisation était principalement attribuable à une réduction des terres en jachère. L'accroissement de la superficie sous couverture végétale permanente, seul ou combiné à la diminution des terres en jachère, a également contribué à la réduction du risque dans certaines régions.

Des polygones des PPC qui ont changé de catégorie de risque entre 1981 et 2006, la plupart ont progressé d'une catégorie et plusieurs autres, de deux catégories, tandis que quelques-uns ont reculé d'une catégorie (figure 11-3).

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

Les régions centrales du Manitoba se situaient surtout dans la catégorie d'ARS modérée et les régions du Sud, dans la catégorie élevée (figure 12.1-2). Il y avait aussi des points chauds notables dans la catégorie très élevée. En 2006, seulement 14 p. 100 des terres du Manitoba se rangeaient dans les catégories d'ARS faible et très faible, ce qui représente une forte baisse par rapport à 1981, année où 97 p. 100 des terres se retrouvaient dans ces catégories (tableau 12.1-1). Entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres a augmenté de 39 p. 100 dans la catégorie modérée et de 40 p. 100 dans la catégorie élevée, ce qui reflète le fait que les apports d'azote ont presque doublé durant cette période.

La quantité d'ARS a augmenté graduellement entre 1981 et 2001, puis est redescendu en 2006 (tableau 12.1-2). Les apports d'azote au Manitoba, qui étaient de 45,3 kg N ha^{-1} en 1981, ont monté à 83,1 kg N ha^{-1} en 2006, 56 p. 100 de cette hausse étant attribuable à une plus grande utilisation des engrais et 34 p. 100, à une plus grande fixation de l'azote par les cultures légumineuses. La diminution de l'ARS entre 2001 et 2006 était surtout due à une hausse des rendements et des pertes d'azote (de 46,8 à 55,3 kg N ha^{-1}), les apports d'azote n'ayant guère changé entre 2001 et 2006.

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

À l'exception de 2001 et 2006, toutes les terres agricoles du Manitoba se classaient dans les catégories de risque faible et très faible (figure 24.4-4). On note toutefois un mouvement considérable de la catégorie de risque très faible à la catégorie de risque faible. Par exemple, le pourcentage de terres dans la catégorie de risque très faible était de 98 p. 100 en 1981 mais de seulement 36 p. 100 en 2006, alors que la proportion dans la catégorie de risque faible est passée de 2 p. 100 en 1981 à 64 p. 100 en 2006 (tableau 12.2-2).

La moyenne des précipitations hivernales sur les cinq années de recensement était de 67 mm plus élevée qu'en Alberta et en Saskatchewan (tableau 12.2-3), ce qui a fait augmenter le drainage hivernal cumulatif (7 mm) ainsi que la teneur en eau des sols au printemps (306 mm). Les pertes d'azote estimatives

Catégories de risque de l'IRCE-N

très faible | faible | modéré | élevé | très élevé | non évalué

FIGURE 24.4-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles au Manitoba selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Catégories de risque de l'IRCE-P

très faible | faible | modéré | élevé | très élevé | non évalué

FIGURE 24.4-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles au Manitoba selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

étaient donc plus élevées au Manitoba que dans les deux autres provinces des Prairies, mais elles restaient parmi les plus faibles au Canada (figure 12.2-4). Néanmoins, la concentration de nitrates au Manitoba, qui s'élevait à 10,4 mg N L^{-1} en 2001 et à 11,6 mg N L^{-1} en 2006, dépassait légèrement le niveau recommandé pour l'eau potable au Canada (10 mg NO_3-N L^{-1}) (figure 12.2-3). Les résultats d'un sondage réalisé dans le Sud du Manitoba en 1992–1993 révélaient des niveaux élevés de nitrates dans le sous-sol des champs traités avec de grandes quantités d'engrais ou de fumier (Henry et Meneley, 1993).

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

En 2006, quatre des 30 bassins versants du Manitoba se classaient dans la catégorie de risque modéré, et le reste, dans la catégorie faible ou très faible (figure 24.4-5). Entre 1981 et 2006 cependant, 13 bassins versants sont passés à une catégorie de risque plus élevé (figure 13-2). Les bassins versants de la partie centrale de la rivière Assiniboine, du haut de la rivière Pembina, du haut de la rivière Rouge et de la rivière Morris se classent dans la catégorie de risque modéré de l'IRCE-P. En 2006, 3 p. 100 des terres agricoles appartenaient à la catégorie de risque modéré de contamination par le phosphore à la source (tableau 13-2). La croissance des industries porcine et bovine depuis 1981 a entraîné une hausse générale des apports en P aux terres agricoles de la province. L'augmentation du nombre de têtes de bétail et donc de la quantité de fumier a généré du phosphore additionnel que les cultures récoltées n'ont pas suffi à absorber, ce qui a haussé le bilan de P du sol (figures 13-4 et 13-8). Cette situation affectait particulièrement les bassins de la rivière Rouge et de la rivière Assiniboine. Les engrais phosphatés minéraux contribuaient pour seulement 9 p. 100 de l'augmentation des apports en P, le reste étant attribuable au fumier (figure 13-8).

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

D'après l'évaluation du risque de contamination par les coliformes dans les bassins versants du Manitoba, ce risque est resté essentiellement faible ou très faible entre 1981 et 2006 (figure 14-2). Faisait exception à cette règle l'année 1996, qui a été relativement humide et pour laquelle la partie centrale du bassin versant des rivières Souris et Antler (9 p. 100 des terres agricoles) affichait un risque modéré de contamination de l'eau par les coliformes. Il reste que la valeur de la source de coliformes a beaucoup augmenté dans la province en 25 ans.

la hausse étant particulièrement importante dans la région de la rivière Seine au sud de Winnipeg (figure 14-7). Dans l'ensemble, les populations bovine, porcine et avicole ont augmenté de 38 p. 100, 227 p. 100 et 23 p. 100 respectivement.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pesticides)

Le pourcentage de terres cultivées présentant un risque très faible de contamination de l'eau par les pesticides est passé de 73 p. 100 en 1981 à moins de 6 p. 100 entre 1986 et 2006, avec une hausse correspondante du pourcentage de terres dans les catégories de risque faible et modéré. Il y a eu une augmentation notable du risque de contamination de l'eau en 2001, année où 35 p. 100 des terres cultivées se classaient dans les catégories de risque élevé et très élevé (tableau 15-2). En 2006, cependant, le risque avait baissé, avec seulement 1 p. 100 des terres agricoles dans les catégories de risque élevé et très élevé. L'augmentation du risque après 1981 reflète l'accroissement du pourcentage de terres agricoles traitées aux pesticides et de la quantité de pesticides utilisée (tableau 15-4).

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

Au Manitoba, les émissions nettes de GES ont augmenté plus rapidement que dans n'importe quelle autre province, passant de 3,0 Mt CO_2e en 1981 à 4,8 Mt CO_2e en 2006 pour une hausse de 59 p. 100 en 25 ans (figure 24.4-6, tableau 16-1). Cette hausse est en grande partie attribuable au fait que la population porcine a plus que doublé et que le nombre de bovins à viande a monté de 54 p. 100.Résultat : les émissions de CH_4, ont augmenté de 67 p. 100 pour atteindre un total de 2,8 Mt CO_2e. L'utilisation d'engrais azotés a également progressé par suite d'une augmentation générale des quantités appliquées aux cultures de blé et d'une culture plus répandue du canola. La plus grande utilisation faite des engrais a été un facteur important dans l'accroissement des émissions de N_2O, qui ont grimpé de 55 p. 100 pour s'établir à 3,8 Mt CO_2e. Comme dans d'autres parties des provinces des Prairies, l'adoption de PGB a permis d'accroître la quantité de carbone séquestré dans le sol, qui a fait un bond de 70 p. 100 (de -1,0 Mt CO_2e à -1,7 Mt CO_2e).

AMMONIAC (Chapitre 17)

Le Manitoba est responsable de 11 p. 100 des émissions canadiennes de NH_3 d'origine agricole. Quarante-quatre pour cent (44 p. 100) des émissions provinciales sont générées par les bovins à viande, 26 p. 100 par les engrais et 22 p. 100 par les porcs (tableau 17-2). C'est cette province qui a enregistré

FIGURE 24.4-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole au Manitoba, 2006.

FIGURE 24.4-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles au Manitoba en 2006.

la plus forte hausse (8,7 p. 100) des émissions entre 2001 et 2006 en raison de l'augmentation du nombre d'animaux. Le pourcentage de terres dans les catégories combinées d'intensité élevée et très élevée est passé de 46 p. 100 en 2001 à 58 p. 100 en 2006 (figure 24.4-7, tableau 17-1).

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Le Manitoba est la province des Prairies qui produit le moins d'émissions d'origine agricole étant donné sa plus petite superficie cultivée et ses conditions plus humides, qui la rendent moins vulnérable à l'érosion éolienne. Entre 1981 et 2006, le TPS a diminué de 43 p. 100, les PM_{10}, de 36 p. 100 et les $PM_{2,5}$, de 40 p. 100 (tableau 18-1). Cette tendance à la baisse résulte de l'adoption de pratiques de travail réduit du sol et du rétrécissement de la superficie en jachère. Malgré une diminution nette du total, les émissions de particules associées aux activités d'élevage ont augmenté de 65 p. 100 (TPS de 1,4 kt) durant la même période.

24.5 Ontario

Sommaire

Les terres agricoles, dont 68 p. 100 sont cultivées et 14 p. 100 sont des pâturages, représentent seulement 6 p. 100 de la superficie totale de l'Ontario et se trouvent presque toutes dans le sud de la province (tableau 24.5-1). Les principaux extrants agricoles de l'Ontario sont les produits laitiers, les produits floraux et de pépinière, les bovins et les veaux. La performance agroenvironnementale s'est améliorée entre 1981 et 2006 en ce qui concerne la couverture des sols, le risque d'érosion du sol, les émissions nettes de gaz à effet de serre et les émissions de particules. Le risque de contamination de l'eau par les coliformes a légèrement reculé, mais il y a eu peu ou pas de changements dans le risque de contamination du sol par les éléments traces et le risque de contamination de l'eau par le phosphore. L'utilisation des terres agricoles s'est intensifiée entre 1981 et 2006, mais les méthodes classiques de travail du sol ont perdu du terrain en faveur des pratiques de conservation, ce qui est un développement positif. Malgré ces améliorations, le carbone dans le sol et la capacité d'habitat faunique ont diminué, tandis que le risque de contamination de l'eau par l'azote et les pesticides et les émissions d'ammoniac d'origine agricole ont augmenté.

TABLEAU 24.5-1 Sommaire des statistiques agricoles en Ontario, 2006

Données sur les terres (hectares (ha))	
Superficie totale	107,6 millions ha
Superficie totale des terres	91,8 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	5,4 millions ha
Terres cultivées	68 %
Terres de pâturage	14 %
Terres utilisées à d'autres fins	18 %
Superficie agricole moyenne	94 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	57 211
Nombre total de familles	46 000
Nombre total d'exploitants	82 410
Âge moyen des exploitants	53
Principaux extrants agricoles	
Produits laitiers	1,6 milliard $
Produits floraux et de pépinière	987 millions $
Bovins et veaux	924 millions $
Volaille et œufs	856 millions $
Porcs et porcelets	847 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	44,1 millions
Bovins et veaux	2 millions
Porcs et porcelets	3,9 millions
Vaches laitières	330 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	1,2 milliard $
Revenu monétaire total	8,9 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	7,7 milliards $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	25 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	32 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	11 %
Plus de 100 000 $	32 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	1091
Valeur totale des livraisons	s.o.
Transformation des aliments	27,4 milliards $
Produits de viande	22 %
Produits laitiers	20 %
Produits de boulangerie et tortillas	14 %
Fruits et légumes	11 %
Autres aliments	34 %
Boissons	s.o.
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	-4,3 milliards $
Exportations	
Total des exportations agricoles	8,5 millards $
Produits en vrac	7 %
Produits intermédiaires	19 %
Produits de consommation	74 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	6,8 milliards $
Hong Kong	245 millions $
Japon	171 millions $
Mexique	162 milllions $
Pays-Bas	100 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	12,8 milliards $
Produits en vrac	9 %
Produits intermédiaires	14 %
Produits de consommation	77 %

Gestion des terres agricoles

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie agricole de l'Ontario a diminué de 0,7 million d'hectares entre 1981 et 2006 (figure 24.5-1). Durant cette période, l'agriculture s'est intensifiée sur le reste des terres agricoles, la proportion cultivée ayant augmenté au détriment des pâturages (tableau 4-1, figure 4-1). La proportion dans la catégorie toutes les autres terres a monté de 3 p. 100, mais les jachères ont pratiquement disparu. Les pratiques culturales des producteurs de l'Ontario ont changé, la réduction des terres consacrées à la production des céréales, du maïs et d'autres cultures ayant été remplacée par une augmentation des terres cultivées en légumineuses (principalement le soya) (tableau 4-2). L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, tandis que les méthodes de conservation et sans travail du sol ont gagné en popularité (tableau 4-3). La population bovine a diminué entre 1981 et 2006, mais les autres populations d'animaux d'élevage ont augmenté (tableau 4-4).

FIGURE 24.5-1 Proportion des terres agricoles en Ontario, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Trente-cinq pour cent (35 p. 100) des producteurs ontariens avaient élaboré une planification environnementale à la ferme en 2006 et une autre tranche de 6 p. 100 était en train de le faire (Statistique Canada, 2007). Bien que le total soit inférieur à 50 p. 100, en 2006, beaucoup de ces producteurs avaient adopté des pratiques de gestion bénéfiques (PGB). Soixante-trois pour cent (63 p. 100) des producteurs qui épandaient du fumier solide l'incorporaient au moment de l'application à la volée, 19 p. 100 l'incorporaient le même jour et 45 p. 100 l'incorporaient après un ou deux jours. Cinquante-sept pour cent (57 p. 100) des producteurs qui épandaient du fumier liquide ou semi-solide l'incorporaient au moment de l'application à la volée, et 8 p. 100 l'injectaient directement dans le sol. Le pourcentage de terres cultivées soumises à des analyses de sol était de 7 p. 100 sur une base annuelle et d'environ 60 p. 100 tous les deux ou trois ans. Pour préserver la qualité de l'eau, 41 p. 100 des producteurs aménageaient des zones tampons riveraines le long des voies d'eau, et 13 p. 100 en aménageaient autour des terres humides permanentes.

COUVERTURE DU SOL (Chapitre 6)

La couverture des sols en Ontario a augmenté de 6 p. 100 en moyenne entre 1981 et 2006, la plus grande amélioration ayant été enregistrée entre 1991 et 1996 (tableau 6-1). La plus forte hausse (+11 p. 100) a été enregistrée dans le Sud-Ouest de l'Ontario, suivi par le centre (+5 p. 100) et l'est (+3 p. 100) de la province. Le seul changement cultural important qui a eu un effet positif sur la couverture des sols en Ontario a été une diminution de la superficie cultivée en maïs à ensilage, tandis que l'expansion des cultures d'oléagineux, de soya et de pépinière et le recul des cultures céréalières, des cultures vivaces et du maïs-grain ont tous eu une influence à la baisse sur la couverture des sols. Cependant, la popularité croissante des méthodes de travail réduit du sol et sans travail du sol a eu une incidence positive sur l'indicateur. En 2006, seulement 5 p. 100 des terres agricoles de l'Ontario se classaient dans la catégorie très élevée de couverture des sols et 2 p. 100, dans la catégorie très faible, tandis que 45 p. 100 se rangeaient dans la catégorie modérée (tableau 6-2). Les zones de faible et très faible couverture des sols sont surtout concentrées dans le Sud-Ouest de l'Ontario et dans la région du Niagara, où les cultures de légumineuses, de légumes de plein champ et de pépinière sont répandues et les cultures vivaces le sont moins.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, 45 p. 100 des terres agricoles avaient une faible capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}), et 46 p. 100, une capacité très faible (tableau 7-1). Entre 1986 et 2006, la CH_{ra} est restée constante sur 37 p. 100 des terres agricoles, a diminué sur 51 p. 100 et a augmenté sur 12 p. 100 (tableau 7-2). Ces changements ont entraîné une réduction majeure de la capacité d'habitat faunique, le pourcentage des terres ayant une CH_{ra} modérée passant de 18 p. 100 à 9 p. 100.

Les baisses notables de la CH_{ra} en Ontario sont attribuées à la proportion décroissante de terres agricoles occupées par des types de couverture à valeur élevée comme habitat faunique (toutes les autres terres, pâturages non améliorés et pâturages

améliorés). Les terres cultivées en maïs et soya représentent maintenant un pourcentage beaucoup plus élevé du paysage sous agriculture intensive à faible valeur d'habitat faunique. Cette tendance à l'intensification et la réduction correspondante des couvertures terrestres naturelles et semi-naturelles étaient les principaux facteurs derrière la diminution de la CH_{ra}. Dans de nombreuses régions du Sud de l'Ontario, l'agriculture était le mode dominant d'utilisation des terres. Les plus fortes pressions sur la faune s'exercent dans les régions agricoles où la proportion relative de toutes les autres terres et des pâturages non améliorés est à la baisse.

En 2006, la capacité d'habitat pour l'hibernation (CH_h) de la province était modérée, la majorité des terres agricoles tombant dans les catégories modérée (52 p. 100) et faible (38 p. 100) (tableau 7-3). La CH_h modérée correspondait aux deux habitats ayant la plus grande valeur pour l'hibernation, qui sont les pâturages non améliorés et toutes les autres terres.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

L'Ontario a vu son risque d'érosion du sol diminuer, la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible passant de 18 p. 100 en 1981 à 29 p. 100 en 2006 (figure 24.5-2, tableau 8-1). Son pourcentage de terres cultivées dans les catégories de risque élevé et très élevé d'érosion du sol est néanmoins le plus élevé au Canada. Durant la période 1981-2006, la proportion de la superficie courant un risque modéré d'érosion est restée relativement stable, celle des terres à risque élevé d'érosion a augmenté (de 13 p. 100 à 24 p. 100), tandis que celle des terres à risque très élevé a baissé (de 33 p. 100 à 17 p. 100). L'Ontario est la deuxième province pour la proportion de terres cultivées dans les catégories de risque ne permettant pas une agriculture durable (57 p. 100 en 2006). Cette situation peut s'expliquer par la forte proportion de cultures en rangées demandant des labours intensifs (p. ex., le maïs et le soya). Bien que la superficie sous ces cultures ait augmenté, l'intensité du travail du sol a diminué avec l'adoption des méthodes de conservation, ce qui a entraîné d'importantes baisses du risque global d'érosion du sol. L'érosion hydrique est le principal facteur contribuant au risque global. Le pourcentage de terres à risque très élevé d'érosion hydrique est passé de 32 p. 100 en 1981 à 17 p. 100 en 2006, tandis que celui des terres à très faible risque d'érosion hydrique, qui s'établissait à 21 p. 100, a grimpé à 32 p. 100 (tableau 8-2). D'importants changements sont survenus dans le pourcentage de terres cultivées appartenant à la plupart des catégories de risque d'érosion attribuable au travail du sol. Le pourcentage des terres cultivées a baissé dans les catégories de risque élevé et faible, mais légèrement augmenté dans la catégorie de risque modéré (tableau 8-4). Ces améliorations se sont traduites par une hausse (de 51 p. 100 à 88 p. 100) dans la catégorie de risque très faible d'érosion par le travail du sol.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

FIGURE 24.5-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Ontario selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

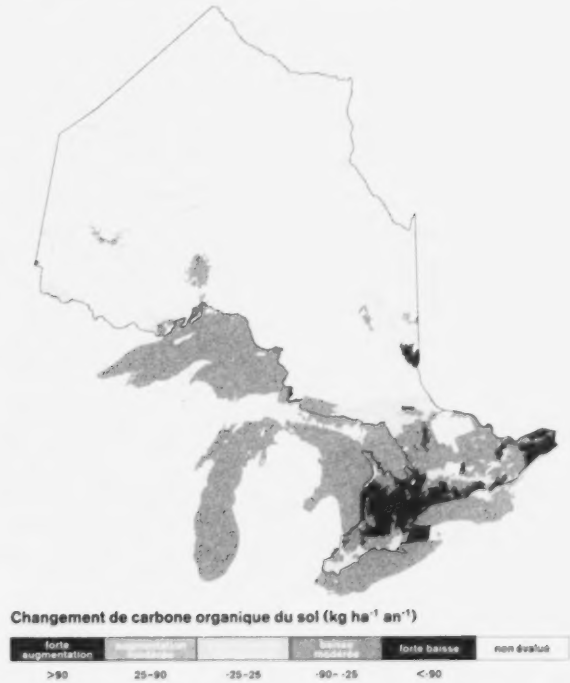


FIGURE 24.5-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1}) en Ontario, 2006.

Le carbone organique du sol (COS) a diminué dans la plupart des terres agricoles de l'Ontario entre 1981 et 2006. Le pourcentage de terres où le COS était en baisse est passé de 95 p. 100 en 1981 à 82 p. 100 en 2006 (figure 24.5-3, tableau 9-1). La teneur en carbone organique relatif (COR) est généralement faible, et souvent très faible, dans le Sud-Ouest de l'Ontario, mais surtout modérée dans le reste de la province (figure 9-4, tableau 9-3). La faible teneur en COR reflète probablement les taux traditionnellement élevés d'érosion du sol, particulièrement dans le cas des cultures en rang sur des terres en pente. Dans le Sud de l'Ontario, les gains découlant d'une réduction du travail du sol ont été plus que compensés par les pertes de COS faisant suite à la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles (figures 9-2 et 9-3). Dans le sud-ouest, la faible teneur en COR, conjuguée aux pertes continues de COS, indique que la santé des sols est compromise. Au total, 72 p. 100 des terres agricoles de l'Ontario ont une faible teneur en COR et affichent une réduction du COS, ce qui expose la province au plus grand risque de détérioration de la santé des sols (tableau 9-4).

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Les pourcentages de terres dans les différentes catégories de risque n'ont pas changé entre 1981 et 2006. Dans 100 ans, 3 p. 100 des terres agricoles de l'Ontario pourraient se classer dans la catégorie de risque très élevé si les pratiques de gestion en vigueur en 2006 étaient maintenues (tableau 10-1).

D'après les populations, la superficie cultivée et les pratiques en 2006, on s'attend à ce que les concentrations d'ET augmentent d'au moins 30 p. 100 par rapport aux niveaux de base actuels sur 67 p. 100 des terres agricoles de l'Ontario (tableau 10-2). La plupart de ces terres se trouvent dans le corridor Windsor-Québec (figure 10-3). L'augmentation de la population humaine et du nombre d'animaux d'élevage enregistrée entre 1981 et 2006 (tableau 10-5) s'est traduite par des apports plus élevés en ET.

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1-Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, les régions centrales de l'Ontario se situaient dans la catégorie d'ARS élevée, les régions du nord, dans la catégorie modérée et certaines des régions du sud, dans les catégories faible et très faible (figure 12.1-2). Il y a eu une légère amélioration de l'ARS entre 1981 et 2006, certaines régions ayant été reclassées dans des catégories de risque plus faibles (tableau 12.1-1). On note toutefois une amélioration évidente par rapport à 2001, lorsque 97 p. 100 des terres agricoles de l'Ontario se retrouvaient dans les catégories élevée et très élevée. Cette amélioration découlait d'une plus grande absorption d'azote en Ontario en 2006, qui était probablement due aux rendements très élevés obtenus au cours d'une année de précipitations quasi optimales. Par contraste, les rendements enregistrés en 2001 étaient particulièrement faibles (Drury et coll., 2007).

En 2006, les niveaux d'ARS en Ontario s'établissaient en moyenne à 40 kg N ha^{-1}, ce qui reflète les apports élevés d'azote (tableau 12.1-2). Les niveaux d'ARS en Ontario n'affichaient pas de tendance temporelle manifeste sur les six années de recensement, les niveaux les plus élevés ayant été enregistrés en 2001 par suite de l'augmentation des apports d'azote, conjuguée à une diminution des pertes d'azote. La quantité d'engrais et de fumier est restée relativement stable sur la période de 25 ans. Par contraste, la quantité d'azote fixée par les cultures légumineuses a grimpé de 62,7 p. 100 entre 1981 et 2006.

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

FIGURE 24.5-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles en Ontario selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Un pourcentage relativement faible (moins de 25 p. 100) des terres agricoles de l'Ontario se rangeaient dans les catégories de risque faible et très faible entre 1981 et 2006 (figure 24.5-4, tableau 12.2-2). Cette période de 25 ans a vu une légère augmentation du risque global de contamination de l'eau par l'azote, les pourcentages passant de 43 p. 100 à 34 p. 100 dans la catégorie de risque modéré et de 32 p. 100 à 43 p. 100 dans les catégories de risque élevé et très élevé. Malgré un niveau estimatif d'ARS considérablement plus élevé en 2001, les pertes d'azote et les concentrations de nitrates estimatives en

2001 (14,4 kg N ha^{-1} et 9,6 mg N L^{-1} respectivement) sont restées relativement proches de la moyenne des six années de recensement, probablement en raison d'une diminution du drainage. Le fait que le pourcentage de terres dans les catégories de risque modéré à très élevé est plus important que dans les provinces des Prairies découle des niveaux plus élevés d'ARS et des précipitations hivernales plus abondantes (tableau 12.2-3).

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

Le seul bassin versant de l'Ontario qui affiche une valeur élevée pour l'IRCE-P se trouve dans la péninsule du Niagara (figure 24.5-5). Entre 1981 et 2006, quatre bassins versants sont passés à une catégorie de risque plus élevé, tandis que quatre autres bordant le lac Érié ont baissé de catégorie (figure 13-2). Étant donné la longue tradition d'agriculture intensive en Ontario et l'utilisation fréquente du fumier et des engrais phosphatés minéraux, le bilan de P du sol a augmenté en 1981 et 1986 mais connu une diminution nette après 1991, à l'exception de 2001 (figure 13-4). Les conditions exceptionnellement sèches qui ont prévalu en 2001 ont beaucoup nui au rendement des cultures, ce qui a réduit la quantité de phosphore absorbée et exportée par les cultures et explique sans doute le bilan relativement élevé de P du sol. Ces conditions météorologiques ont contribué à l'enrichissement en P du sol, particulièrement dans les régions où l'on trouve les plus fortes densités de population animale et des textures de sol plus grossières que la moyenne. La densité de la population animale en Ontario a connu une baisse graduelle au cours des 25 dernières années, surtout en raison du déclin de l'industrie bovine. L'utilisation des engrais a chuté de 60 p. 100, ce qui a amené le bilan de P du sol à l'échelle de la province près du point d'équilibre. En 2006, 35 p. 100 des terres agricoles, surtout situées dans le sud de la province, affichaient des bilans de P légèrement négatifs.

FIGURE 24.5-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles en Ontario selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

En 2006, 28 p. 100 des terres agricoles se situaient dans des bassins versants courant un risque élevé à très élevé de contamination de l'eau par les coliformes (tableau 14-1; figure 14-2). La région d'agriculture intensive de l'Ontario, dont les terres entourant les rivières Maitland, Grand (cours supérieur), Ausable, Saugeen et Penetangore, se classe traditionnellement dans les catégories de risque élevé et très élevé (figures 14-2 et 14-4). Quoique généralement élevée, la source des coliformes provenant du fumier épandu dans cette région d'agriculture intensive a légèrement reculé au cours des 25 dernières années (figure 14-6). La forte érodabilité du sol faisait augmenter le risque de transport des coliformes entre les hautes terres et les eaux de surface. La superficie totale des pâturages, le nombre de vaches laitières et de bovins à viande et la superficie agricole totale ont diminué entre 1981 et 2006, tandis que les populations porcine et avicole ont grossi. Le temps écoulé entre l'épandage du fumier sur les champs et les événements de ruissellement est un déterminant crucial du risque, particulièrement durant les périodes d'épandage du printemps et de l'automne en Ontario.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-Pesticides)

Le risque de contamination de l'eau par les pesticides s'est généralement accru entre 1981, année où 86 p. 100 des terres cultivées se classaient dans les catégories de risque faible et très faible et 2006, lorsque 25 p. 100 des terres tombaient dans ces catégories (tableau 15-2). Cette augmentation du risque était probablement due au fait que la proportion de terres agricoles traitées aux pesticides était plus élevée en 2006 qu'en 1981 (tableau 15-4). En 2006, le risque le plus élevé était enregistré dans le Sud-Ouest de l'Ontario et le moins élevé, dans le sud-est de la province (figure 15-2)

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

L'Ontario est la seule province de l'Est du Canada où les émissions nettes de GES ont baissé, la réduction enregistrée entre 1981 et 2006 étant de 10 p. 100 (figure 24.5-6, tableau 16-1). Les émissions de CH_4, qui étaient de 5,4 Mt CO_2e, sont

FIGURE 24.5-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole en Ontario, 2006.

FIGURE 24.5-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en Ontario en 2006.

descendues à 4,8 Mt CO_2e, tandis que celles de N_2O sont passées de 5,7 Mt CO_2e durant les années 1980 et 1990 à un minimum de 4,9 Mt CO_2e avant de remonter à 5,8 Mt CO_2e en 2006. Les émissions de CO_2 provenant du sol ont reculé de 32 p. 100, surtout en raison d'une expansion de la superficie cultivée sans travail du sol. Des populations animales plus faibles et des productions végétales réduites ont fait baisser les émissions de CH_4 et de N_2O. Le nombre de vaches laitières et de bovins à viande a baissé, tandis que les populations porcine et avicole ont fait un petit bond en avant. L'utilisation des engrais azotés a diminué de 12 p. 100 entre 1981 et 2006. L'apport en azote des résidus de culture a augmenté, ce qui a plus que compensé la réduction des engrais azotés et de l'azote présent dans le fumier. L'accroissement de l'azote provenant des résidus de culture, malgré une baisse de l'azote des engrais, découle du fait que la superficie consacrée à la culture du soya a quadruplé. En effet, le soya fixe l'azote de l'atmosphère et a rarement besoin d'engrais azotés additionnels.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Les émissions d'ammoniac de l'Ontario représentent environ 18 p. 100 des émissions agricoles canadiennes. Cinquante-quatre pour cent (54 p. 100) de ces émissions sont produites par les bovins à viande et les vaches laitières et 23 p. 100, par les porcs (tableau 17-2). En dépit d'une petite augmentation du nombre de porcs, les émissions de NH_3 d'origine agricole en Ontario ont subi une légère diminution (1%) entre 2001 et 2006. Le pourcentage de terres dans chaque catégorie d'intensité n'a guère changé mais, étant donné la concentration de l'agriculture en Ontario, 93 p. 100 des terres agricoles se classaient dans les catégories d'intensité élevée et très élevée (figure 24.5-7, tableau 17-1).

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Entre 1981 et 2006, les émissions de particules d'origine agricole ont baissé de 36 p. 100 pour le TPS, de 28 p. 100 pour les PM_{10} et de 31 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). Les émissions de particules résultant de la préparation des terres et de l'érosion éolienne ont diminué de 42 p. 100 et 35 p. 100 respectivement, tandis que celles liées aux autres activités agricoles n'ont guère changé. La réduction des émissions de particules dans cette province faisait suite à la baisse de popularité des méthodes classiques de travail du sol et à la réduction de la superficie en jachère.

24.6 Québec

Sommaire

Les terres agricoles représentent environ 3 p. 100 de la superficie totale du Québec. Plus de la moitié de ces terres sont cultivées, 9 p. 100 sont des pâturages, et 35 p. 100 tombent dans la catégorie toutes les autres terres (tableau 24.6-1). Les principaux extrants agricoles du Québec en 2006 étaient les produits laitiers et les porcs, suivis par la volaille et les œufs, les bovins et veaux et le maïs. La période 1981-2006 a vu une amélioration de la performance agroenvironnementale relative à la couverture des sols, mais aucun changement dans le risque de contamination du sol par les éléments traces ou le risque d'érosion du sol. Durant la même période, l'utilisation des terres agricoles s'est intensifiée, tandis que le carbone du sol et la capacité d'habitat faunique ont diminué. La qualité de l'eau soulevait des préoccupations au Québec en 2006, le risque de contamination par l'azote, le phosphore, les coliformes et les pesticides étant à la hausse. Les émissions de gaz à effet de serre, d'ammoniac et de particules ont elles aussi augmenté durant cette période de 25 ans.

TABLEAU 24.6-1 Sommaire des statistiques agricoles au Québec, 2006

Données sur les terres (hectares (ha))	
Superficie totale	154,2 millions ha
Superficie totale des terres	136,5 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	3,5 millions ha
Terres cultivées	56 %
Terres de pâturage	9 %
Terres utilisées à d'autres fins	35 %
Superficie agricole moyenne	113 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	30 675
Nombre total de familles	22 000
Nombre total d'exploitants	45 470
Âge moyen des exploitants	49
Principaux extrants agricoles	
Produits laitiers	1,8 milliard $
Porcs et porcelets	849 millions $
Volaille et œufs	573 millions $
Bovins et veaux	506 millions $
Maïs	281 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	28,9 millions
Bovins et veaux	1,4 million
Porcs et porcelets	4,3 millions
Vaches laitières	382 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	1 milliard $
Revenu monétaire total	6,2 milliards $
Dépenses d'exploitation totales	5,3 milliards $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	15 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	26 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	13 %
Plus de 100 000 $	46 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	795
Valeur totale des livraisons	s.o.
Transformation des aliments	14,7 milliards $
Produits de viande	26 %
Mouture de céréales et de graines oléagineuses	25 %
Produits de boulangerie et tortillas	11 %
Produits alimentaires pour animaux	28 %
Autre aliments	28 %
Boissons	s.o.
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	53 millions $
Exportations	
Total des exportations agricoles	3,6 milliards $
Produits en vrac	6 %
Produits intermédiaires	11 %
Produits de consommation	83 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	2,2 milliards $
Japon	395 millions $
Russie	101 millions $
Corée du Sud	96 millions $
Iran	72 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	3,6 milliards $
Produits en vrac	20 %
Produits intermédiaires	13 %
Produits de consommation	67 %

Gestion des terres agricoles

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie agricole totale s'est rétrécie, passant de 3,8 millions d'hectares en 1981 à 3,5 millions en 2006 (figure 24.6-1), tandis que le pourcentage de terres cultivées a progressé entre 1981 et 2006 (tableau 4-1, figure 4-1). À l'issue de cette période de 25 ans, les terres à pâturage ne représentaient plus que 9 p. 100 des terres agricoles et les jachères avaient pratiquement disparu. La proportion de terres cultivées en céréales et fourrages a baissé, tandis que celle des superficies consacrées à la culture du maïs et du soya a augmenté, les producteurs se tournant vers les cultures de plus grande valeur. Les autres cultures occupaient 36 000 hectares de plus (tableau 4-2). L'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a diminué, tandis que le recours aux méthodes de conservation et sans travail du sol a augmenté entre 1991 et 2006 (tableau 4-3). La population bovine a décliné, alors que le nombre de porcs et de volailles a grimpé. Le nombre de moutons et de chèvres s'est accru, et la population chevaline a connu une faible hausse (tableau 4-4).

FIGURE 24.6-1 Proportion des terres agricoles au Québec, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Les producteurs québécois affichaient le plus haut taux de planification environnementale à la ferme au Canada en 2006. En effet, 73 p. 100 d'entre eux avaient déjà élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 4 p. 100 était en train de le faire (Statistique Canada, 2007). Cinquante-sept pour cent (57 p. 100) des producteurs maintenaient une distance de recul autour des voies d'eau, mais seulement 6 p. 100 d'entre eux le faisaient autour des terres humides permanentes. Cinquante-deux pour cent (52 p. 100) des producteurs épandaient des engrais additionnés de fumier, mais la presque totalité d'entre eux réduisaient la quantité d'engrais utilisée afin de contrebalancer les éléments nutritifs ajoutés par le fumier. En ce qui concerne le fumier liquide, 46 p. 100 des producteurs l'épandaient sous le couvert végétal, tandis que 16 p. 100 l'appliquaient à la volée et par incorporation. Lorsqu'ils l'entreposaient, 17 p. 100 des producteurs recouvraient le fumier liquide.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

La couverture moyenne des sols était plus élevée au Québec qu'en Ontario et dans les provinces de l'Ouest pour toutes les années recensées, mais l'indicateur ne reflète pas la tendance constante à la hausse qui existe dans les autres provinces. La couverture moyenne des sols au Québec a augmenté de 1 p. 100 au cours de la période de 25 ans couverte par l'étude (tableau 6-1). À l'échelle régionale, la couverture des sols a progressé de 2 p. 100 dans la vallée du Saint-Laurent, est restée constante en Gaspésie et reculé d'environ 1 p. 100 dans les régions plus au nord. Les changements apportés à l'utilisation des terres qui ont contribué à une amélioration de la couverture des sols au Québec incluaient une contraction de la superficie cultivée en maïs à ensilage et un gain de la culture de maïs-grain. Par ailleurs, l'expansion des terres consacrées aux cultures de soya, de petits fruits et de pépinière et la diminution de la superficie consacrée aux cultures vivaces et aux grains céréaliers ont exercé des pressions à la baisse sur le nombre de jours de sol couvert. Dans presque tous les cas, l'amélioration de la couverture des sols faisait suite à l'adoption de méthodes de travail réduit du sol et de culture sans travail du sol, et la proportion de terres cultivées conformément à ces pratiques a augmenté entre 1991 et 2006. En 2006, 66 p. 100 des terres agricoles appartenaient aux catégories de couverture élevée et très élevée (tableau 6-2). Toutes les terres appartenant à la catégorie de couverture faible sont concentrées dans les basses-terres du Saint-Laurent, où les cultures annuelles sont plus répandues que les cultures vivaces, où la culture du soya est populaire et où un pourcentage élevé de la paille céréalière est mis en balles et enlevé du champ.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, la CH_{ra} (capacité d'habitat pour la reproduction et l'alimentation) provinciale moyenne était modérée, avec 35 p. 100 des terres agricoles dans la catégorie modérée, 47 p. 100 dans les catégories faible et très faible, et 17 p. 100 dans les catégories élevée et très élevée (tableau 7-1). Entre 1986 et 2006, la CH_{ra} a beaucoup diminué sur 51 p. 100 des terres agricoles

(tableau 7-2) et entraîné une détérioration dans la proportion de terres dont la capacité est passée d'élevée à modérée et de modérée à faible.

L'intensification de l'agriculture était la principale cause de la réduction de la CH_{ra} dans certaines régions du Québec, le pourcentage relatif des terres agricoles sous production intensive de maïs et de soya ayant augmenté, tandis que celui des pâturages non améliorés, des pâturages améliorés et de toutes les autres terres a baissé. Des activités importantes de déboisement ont contribué à un recul de la CH_{ra} dans les régions de production porcine à grande échelle, où il a fallu défricher des terres pour élargir la superficie d'épandage du fumier liquide. Dans ces régions, la perte de toutes les autres terres (les terrains boisés en particulier) était le principal facteur associé à la baisse de la CH_{ra}.

En 2006, la CH_h (capacité d'habitat pour l'hibernation) provinciale était élevée, avec 56 p. 100 des terres agricoles dans les catégories élevée et très élevée et aucune dans la catégorie très faible (tableau 7-3). La grande CH_h découlait du pourcentage considérable de toutes les autres terres (35 p. 100) dans le paysage agricole.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

Au Québec, où la proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible était de 72 p. 100 en 2006 (figure 24.6-2, tableau 8-1), le risque d'érosion du sol est resté pratiquement inchangé depuis 1981. Le risque d'érosion hydrique reste le plus important facteur contribuant au risque global d'érosion. Le risque d'érosion hydrique est faible sur les sols presque plats des basses-terres du Saint-Laurent. Le risque d'érosion par le travail du sol est resté relativement constant, la proportion de terres agricoles appartenant à la catégorie de risque très faible variant entre 97 p. 100 et 98 p. 100 (tableau 8-4), malgré la hausse de l'érosivité du travail du sol due à l'expansion de la superficie ensemencée en maïs et en soya. Cette hausse n'a pas aggravé le risque d'érosion attribuable au travail du sol, puisque ces cultures sont généralement limitées aux basses-terres presque plates du Saint-Laurent et que le taux d'adoption des méthodes de conservation du sol a connu une modeste augmentation.

CARBONE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

Les pertes de carbone organique du sol (COS) au Québec, qui s'établissaient en moyenne à -69 kg ha^{-1} an^{-1} en 1981, ont augmenté à -152 kg ha^{-1} an^{-1} en 2006. Le pourcentage de terres agricoles dont la teneur en COS était en baisse est passé de 86 p. 100 en 1981 à 98 p. 100 en 2006 (figure 24.6-3, tableau 9-1). Contrairement aux provinces voisines, le Québec affiche

FIGURE 24.6-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées au Québec selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

FIGURE 24.6-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha^{-1} an^{-1}) au Québec, 2006.

une teneur en carbone organique relatif (COR) relativement élevée (moyenne = 0,91) (tableau 9-2). Cette teneur est même très élevée dans une grande partie du sud-est (figure 9-4), où les terres sont traditionnellement consacrées aux cultures fourragères et traitées par épandage périodique de fumier. Dans ces régions, la baisse du COS ne soulève pas d'inquiétudes immédiates pour la santé des sols, car la teneur en COS est déjà élevée. Il reste que beaucoup de sols de la vallée du Saint-Laurent combinent une teneur faible ou très faible en COR à une baisse du COS. À l'échelle de la province, 30 p. 100 des terres réunissent ces deux conditions (tableau 9-4). Dans ces régions, une baisse du COS est préoccupante pour la santé des sols. Le changement cumulatif du carbone est dominé par les pertes découlant des modifications apportées à l'utilisation des terres (p. ex. mise en culture de terres forestières) et de la conversion de cultures vivaces en cultures annuelles (figure 9-2). Près de la moitié (49 p. 100) des terres agricoles ont une teneur élevée ou très élevée en COR et un taux de COS en baisse. Ces terres ne soulèvent pas de préoccupations immédiates pour la santé des sols mais elles émettent des quantités importantes de CO_2 dans l'atmosphère.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Le pourcentage de terres dans les différentes catégories de risque n'a pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006. En ce qui concerne les populations, les superficies cultivées et les pratiques de gestion, le pourcentage de terres agricoles dans la catégorie de risque modéré était de 99 p. 100 en 1981 et de 98 p. 100 en 2006 (tableau 10-1).

Entre 1981 et 2006, les concentrations d'éléments traces (ET) dans le sol ont augmenté par rapport aux niveaux de base (tableau 10-2). Le pourcentage des terres où cette augmentation est censée atteindre entre 50 p. 100 et 100 p. 100, qui se trouvent surtout dans le corridor Montréal-Québec (figure 10-3), a plus que doublé, passant de 10 p. 100 en 1981 à 24 p. 100 selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006. Cette période a vu une augmentation des populations humaine et animales (tableau 10-5), ce qui a fait monter les apports en ET.

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, 12 p. 100 des terres agricoles du Québec se classaient dans les catégories d'ARS faible et très faible, ce qui représentait une augmentation par rapport à 1981. La période 1981-2006 a toutefois vu une diminution dans les catégories modérée et élevée d'ARS et une augmentation correspondante dans la catégorie très élevée (tableau 12.1-1).

Le niveau d'ARS au Québec s'élevait en moyenne à 47 kg N ha^{-1}, ce qui place la province dans la catégorie de risque très élevée et reflète des apports d'azote élevés (tableau 12.1-2). Les niveaux d'ARS au Québec ont augmenté graduellement entre 1981 et 2001, avant de redescendre en 2006. La pointe atteinte en 2001 découlait d'une hausse des apports d'azote combinée à une baisse des pertes d'azote causée par la sécheresse. Les apports d'azote provenant des engrais sont passés de 23,6 kg N ha^{-1} en 1981 à 43,9 kg N ha^{-1} en 2001, puis sont revenus à 33,6 kg N ha^{-1} en 2006. La quantité d'azote fixée par les cultures légumineuses a également augmenté, tandis que les apports d'azote du fumier sont restés relativement constants.

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

La proportion de terres agricoles du Québec dans les catégories de risque très faible, faible et modéré, qui était de 75 p. 100 en 1981, a chuté à 35 p. 100 en 2006, tandis que la proportion dans les catégories de risque élevé et très élevé est passée de 19 p. 100 à 61 p. 100 durant la même période (figure 24.6-4, tableau 12.2-2). Cette situation était attribuable à un taux plus élevé d'ARS, la quantité d'azote apportée par les engrais et le fumier ou fixée par les cultures légumineuses ayant augmenté plus rapidement que la quantité absorbée par les cultures. Les valeurs hivernales de précipitations et de drainage étaient élevées (558 mm et 202 mm respectivement) et variaient relativement peu. Les pertes d'azote ont donc graduellement augmenté entre 1981 et 2006 (figure 12.2-4). Quant à la concentration de nitrates, elle a fait un bond entre 1981 et 2001 avant de redescendre en 2006 (figure 12.2-5).

FIGURE 24.6-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles au Québec selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

Des valeurs modérées et élevées pour l'IRCE-P ont été observées dans les bassins versants des basses-terres du Saint-Laurent, région caractérisée par une agriculture intensive et située entre Montréal et Québec (figure 24.6-5). Cinq des 25 bassins versants se classaient dans les catégories de risque modéré à élevé, et 12 bassins versants sont passés à une catégorie de risque plus élevé entre 1981 et 2006 (figure 13-2). Comme en Ontario, les importants surplus de P enregistrés entre 1981 et 1991 ont contribué à l'enrichissement en P du sol dans la vallée du Saint-Laurent, où 40 p. 100 des terres agricoles se classaient dans les catégories de risque élevé et très élevé de contamination par le phosphore à la source (tableau 13-2). Le bilan de P du sol a connu une diminution nette après 1991 (figure 13-4) coïncidant avec la mise en œuvre de règlements efficaces sur les engrais et l'utilisation de phytase dans l'alimentation des porcs et de la volaille. L'introduction de plans obligatoires de gestion des éléments nutritifs a aidé à limiter les apports de P en réduisant l'utilisation des engrais phosphatés de 40 p. 100 au cours des dix dernières années. Des stratégies ont été mises en œuvre pour abaisser les niveaux de P dans le sol. La province a notamment modifié les régimes d'alimentation, ajouté des enzymes aux aliments pour animaux afin de réduire la teneur en P du fumier et élargi la superficie ensemencée en cultures à fort prélèvement de P telles que le maïs. Il reste que 72 p. 100 des apports de P proviennent encore du fumier, et les régions à forte densité de population animale comme les bassins versants des rivières Yamaska, Assomption et Chaudière affichaient encore des bilans de P du sol supérieurs à 10 kg P ha^{-1} en 2006.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-coliformes)

D'après l'évaluation du risque de contamination par les coliformes effectuée dans les bassins versants du Québec, 87 p. 100 des terres agricoles couraient un risque faible ou très faible en 2006 (tableau 14-1, figure 14-2). Les bassins versants des rivières Nicolet et Bécancour affichaient toutefois un risque modéré. Le risque de contamination des terres agricoles de la province a néanmoins connu une hausse substantielle sur 25 ans (figure 14-7), les principales pressions étant exercées par les coliformes provenant du fumier épandu (figure 14-6). Une partie considérable des terres agricoles arrosées par les rivières Nicolet et Bécancour a grimpé de deux catégories de risque ou plus pour la source de coliformes en 2006 (figure 14-7). Entre 1981 et 2006, les pâturages ont diminué de 61 p. 100 et la population bovine a reculé, tandis que les populations porcine et avicole ont augmenté. Durant la même

FIGURE 24.6-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles au Québec selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

FIGURE 24.6-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole au Québec, 2006.

période, la superficie agricole totale a diminué de 11 p. 100, et les terres agricoles qui restent ont donc reçu une plus grande quantité de fumier. La réglementation provinciale sur la période d'épandage du fumier et sur l'accès des animaux aux eaux de surface a partiellement limité le risque que les coliformes atteignent les eaux de surface. L'épandage du fumier au printemps est demeuré un facteur clé du risque en raison de la quantité relativement importante de fumier épandu durant cette période et de l'humidité des sols. Le moment des événements pluvio-hydrologiques qui déclenchent l'érosion des sols, conjugué à la tendance à épandre une plus grande quantité de fumier, constituait un élément clé de l'augmentation du risque au Québec. Si les coliformes continuent d'exercer des pressions dans l'avenir, ce facteur pourrait facilement faire passer les bassins versants dans des catégories de risque plus élevé.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-pesticides)

Le risque a généralement augmenté entre 1981 et 2006. En 1981, plus de 99 p. 100 des terres cultivées se classaient dans la catégorie de risque très faible (tableau 15-2). En 2001, on notait un mouvement important vers les catégories de risque faible (40 p. 100), modéré (34 p. 100) et élevé (20 p. 100). Le pourcentage de terres dans ces catégories de risque plus élevé avait légèrement baissé en 2006. Le passage aux catégories de risque modéré et élevé est survenu surtout dans les Cantons de l'Est, probablement à cause de la forte proportion de fruits et légumes cultivés dans cette région, qui nécessitent plusieurs applications de pesticides.

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

Les émissions nettes de GES au Québec s'élevaient à 8,5 Mt CO_2e en 2006, ce qui représentait une hausse de 12 p. 100 par rapport à 1981 (figure 24.6-6, tableau 16-1). Entre 1981 et 2006, les émissions de CH_4 sont restées presque inchangées à 3,7 Mt CO_2e, tandis que les émissions de N_2O ont été portées de 3,2 Mt CO_2e à 3,4 Mt CO_2e. Les émissions de GES provenant des vaches laitières ont reculé entre 1981 et 2006, mais cette baisse a été neutralisée par l'augmentation des autres populations animales et des engrais azotés utilisés. Les émissions de CO_2 qui se chiffraient à 0,6 Mt CO_2 en 1981, ont monté à 1,4 Mt CO_2 en 2006, en grande partie parce que 200 000 hectares ont été retranchés de la superficie consacrée aux cultures vivaces, particulièrement le soya et le maïs.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Les émissions d'ammoniac au Québec, qui ont augmenté de 3 p. 100 entre 2001 et 2006, représentaient environ 15 p. 100 des émissions agricoles canadiennes. Trente-cinq pour cent (35 p. 100) des émissions agricoles provinciales provenaient

FIGURE 24.6-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles au Québec en 2006.

des porcs, 28 p. 100, des vaches laitières et 18 p. 100, des bovins à viande (tableau 17-2). Comme l'Ontario, le Québec affichait un fort pourcentage (96 p. 100) de terres agricoles dans les catégories d'intensité élevée et très élevée en raison de la concentration de l'agriculture (figure 24.6-7, tableau 17-1).

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Le Québec est la seule province où les émissions de particules d'origine agricole ont augmenté entre 1981 et 2006, de 18 p. 100 pour le TPS, 12 p. 100 pour les PM_{10} et 16 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). Les émissions de particules résultant des pratiques de préparation des terres et de récolte ont grimpé respectivement de 24 p. 100 et 20 p. 100, par suite de l'expansion de la superficie consacrée à la culture du maïs-grain. Les émissions liées aux activités d'élevage se sont aussi accrues de 5 p. 100 en conséquence de l'augmentation des populations animales, particulièrement dans les industries avicole et porcine. Une légère hausse des pratiques de conservation du sol et sans travail du sol et une réduction de la superficie en jachère compensaient toutefois en partie la hausse des émissions attribuable à l'augmentation de la superficie cultivée en maïs-grain et de la production animale.

24.7 Nouveau-Brunswick

Sommaire

Les terres agricoles, dont 39 p. 100 sont cultivées et 11 p. 100 sont des pâturages (tableau 24.7-1), représentent environ 6 p. 100 de la superficie totale du Nouveau-Brunswick. Les principaux extrants agricoles du Nouveau-Brunswick sont les pommes de terre, les produits laitiers, la volaille et les œufs. Le Nouveau-Brunswick a affiché une amélioration de la couverture des sols et des émissions de particules en 2006, ainsi qu'une petite réduction des émissions d'ammoniac depuis 1981. Il y a eu peu de changements dans le risque d'érosion du sol, la contamination du sol par les éléments traces et le risque de contamination de l'eau par le phosphore. Les terres agricoles du Nouveau-Brunswick ont une grande capacité d'habitat faunique pour l'hibernation, mais leur capacité d'habitat faunique pour la reproduction et l'alimentation s'est détériorée depuis 1981. Durant cette période de 25 ans, l'intensité de l'utilisation des terres s'est accrue avec l'expansion des terres cultivées et la contraction des pâturages. Les niveaux de carbone dans le sol ont aussi diminué durant cette période. Le risque de contamination de l'eau par l'azote et les pesticides a grandi, surtout à cause du climat humide. Les émissions de gaz à effet de serre, calculées pour toute la région de l'Atlantique, ont légèrement augmenté entre 1981 et 2006.

TABLEAU 24.7-1 Sommaire des statistiques agricoles au Nouveau-Brunswick, 2006

Données sur les terres (hectare (ha))	
Superficie totale	7,3 millions ha
Superficie totale des terres	7,1 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	396 000 ha
Terres cultivées	39 %
Terres de pâturage	11 %
Terres utilisées à d'autres fins	50 %
Superficie agricole moyenne	143 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	2 776
Nombre total de familles	2 140
Nombre total d'exploitants	3 695
Âge moyen des exploitants	53
Principaux extrants agricoles	
Pommes de terre	113 millions $
Produits laitiers	84 millions $
Volaille et œufs	64 millions $
Produits floraux et de pépinière	50 millions $
Bovins et veaux	23 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	3,2 millions
Bovins et veaux	89 000
Porcs et porcelets	107 000
Vaches laitières	19 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	61 millions $
Revenu monétaire total	452 millions $
Dépenses d'exploitation totales	391 millions $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	36 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	29 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	8 %
Plus de 100 000 $	27 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	117
Valeur totale des livraisons	2 milliards $
Transformation des aliments	1,7 milliard $
Produits de la mer	47 %
Produits laitiers	11 %
Produits alimentaires pour animaux	11 %
Produits de boulangerie et tortillas	3 %
Autre aliments	28 %
Boissons	293 millions $
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	113 millions $
Exportations	
Total des exportations agricoles	325 millions $
Produits en vrac	0 %
Produits intermédiaires	7 %
Produits de consommation	93 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	248 millions $
Venezula	11 millions $
Mexique	8 millions $
Guatemala	8 milllions $
Costa Rica	6 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	212 millions $
Produits en vrac	15 %
Produits intermédiaires	11 %
Produits de consommation	74 %

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie agricole totale a été ramenée de 0,44 million d'hectares en 1981 à environ 0,40 million d'hectares en 2006 (figure 24.7-1). La production s'est intensifiée avec l'expansion des terres cultivées et la contraction des pâturages sur la période de 25 ans visée par l'étude (tableau 4-1, figure 4-1). Toutes les autres terres ont régressé de 17 000 hectares mais augmenté en proportion des terres agricoles. Bien que la superficie consacrée aux cultures céréalières ait augmenté, sa proportion des terres cultivées a baissé (tableau 4-2). La superficie cultivée en maïs a doublé, portant sa proportion à 3 p. 100 des terres cultivées. La superficie vouée à la culture de la pomme de terre s'est accrue, mais sa proportion a été ramenée à 16 p. 100 des terres cultivées. De même, les fourrages occupaient 11 000 hectares de plus, mais leur proportion est descendue à 54 p. 100 en 2006. Le taux d'utilisation des méthodes classiques de travail du sol a baissé de 8 p. 100, avec de petites hausses correspondantes dans le taux d'adoption des méthodes de conservation du sol et sans travail du sol (tableau 4-3). Durant la période allant de 1981 à 2006, le nombre de bovins, de moutons et de chèvres a diminué, les populations porcine et avicole ont grossi, et la population chevaline est restée stable (tableau 4-4).

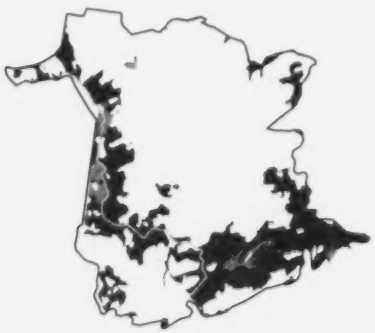


FIGURE 24.7-1 Proportion des terres agricoles au Nouveau-Brunswick, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

En 2006, 23 p. 100 des producteurs du Nouveau-Brunswick procédaient à des analyses de sol chaque année, et 39 p. 100 le faisaient tous les deux ou trois ans, ce qui dénotait une gestion active des éléments nutritifs (Statistique Canada, 2007). Seulement 12 p. 100 des producteurs ne faisaient aucune analyse de sol. Les données sur les plans agroenvironnementaux n'étaient disponibles que pour la région de l'Atlantique en 2006, où 40 p. 100 des producteurs avaient élaboré un tel plan et une autre tranche de 10 p. 100 était en train de le faire. Dans les provinces de l'Atlantique en 2006, 21 p. 100 des producteurs aménageaient une zone tampon riveraine autour des terres humides permanentes et 45 p. 100 en aménageaient le long des voies d'eau. Vingt-trois pour cent (23 p. 100) bloquaient l'accès des animaux en pâturage aux eaux de surface, et 24 p. 100 permettaient un accès limité.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

Les degrés de couverture des sols au Nouveau-Brunswick, qui étaient assez élevés en 2006, avaient augmenté de 1 p. 100 entre 1981 et 2006 (tableau 6-1). L'amélioration des valeurs de couverture se faisait surtout sentir dans les régions agricoles du nord (+4 p. 100) et la petite zone agricole située le long de la côte de Fundy (+10 p. 100). Les changements apportés à l'utilisation des terres qui ont aidé à améliorer la couverture des sols incluaient la progression des cultures céréalières et de la superficie cultivée en maïs-grain, et le recul des cultures de légumes. Les facteurs négatifs comprennent l'augmentation de la superficie cultivée en pommes de terre et la réduction des cultures vivaces. Les pratiques de conservation et sans travail du sol étaient en vigueur sur 14 p. 100 des terres cultivées en 1991 et 22 p. 100 en 2006. Au Nouveau-Brunswick en 2006, 93 p. 100 des terres agricoles se classaient dans les catégories élevée et très élevée de couverture des sols, et il n'y avait aucune terre dans les catégories faible et très faible. Bien que la région de plus faible couverture des sols soit la vallée de la rivière Saint-Jean, où domine la culture de la pomme de terre, les valeurs généralement élevées de couverture reflètent l'importance des cultures vivaces et céréalières dans la rotation des cultures.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, la capacité d'habitat faunique pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) moyenne à l'échelle de la province était modérée (tableau 7-1) et 272 espèces avaient été observées sur les terres agricoles (figure 7-1). La CH_{ra} était considérée comme élevée sur 57 p. 100 des terres agricoles et très élevée sur 3 p. 100 (tableau 7-1). La CH_{ra} provinciale globale a connu une baisse substantielle entre 1986 et 2006, la CH_{ra} ayant diminué sur 67 p. 100 des terres agricoles (tableau 7-2). Cette réduction faisait suite à un recul des catégories toutes les autres terres et pâturages non améliorés. En conséquence des variations dans la CH_{ra}, la proportion de terres agricoles à CH_{ra} très élevée est passée de 12 p. 100 à 3 p. 100 et celle des terres à CH_{ra} faible, de 1 p. 100 à 7 p. 100.

Comme dans beaucoup d'autres régions des Maritimes, les terres agricoles occupaient un pourcentage relativement faible du paysage global et la CH_{ra} était considérée comme élevée, surtout parce que les terres naturelles et semi-naturelles constituaient une grande partie de la superficie agricole.

En 2006, la capacité d'habitat pour l'hibernation (CH_h) moyenne à l'échelle de la province était très élevée, avec la plupart des terres agricoles dans la catégorie très élevée (67 p. 100) et le reste dans les catégories élevée (26 p. 100) et modérée (7 p. 100) (tableau 7-3). La forte CH_h était principalement attribuable au pourcentage relativement élevé de toutes les autres terres dans les régions agricoles.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

Il n'y avait pratiquement aucun changement dans le risque d'érosion du sol entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres cultivées dans la catégorie de risque très faible tournant autour de 40 p. 100 (figure 24.7-2, tableau 8-1). Le Nouveau-Brunswick affiche un risque important d'érosion par l'eau et le travail du sol. Entre 1981 et 2006, il y a eu très peu de changements dans le pourcentage de la superficie cultivée en pommes de terre, en luzerne, en foin et en céréales. Ce changement très mineur des types de cultures, conjugué à une très modeste réduction de l'intensité des labours, n'a donné lieu à aucun changement dans l'érosion du sol. Le Nouveau-Brunswick n'a pas connu de changement notable dans le pourcentage de terres cultivées à risque très faible d'érosion par le travail du sol (de 77 p. 100 en 1981 à 78 p. 100 en 2006) (tableau 8-4), mais il a enregistré de légères baisses dans les catégories de risque plus élevé, avec environ 15 p. 100 de la superficie dans les catégories de risque modéré à élevé. Le risque d'érosion hydrique continuait de tourner autour de 43 p. 100 dans la catégorie de risque très faible et de 30 p. 100 dans les catégories de risque modéré à très élevé (tableau 8-2).

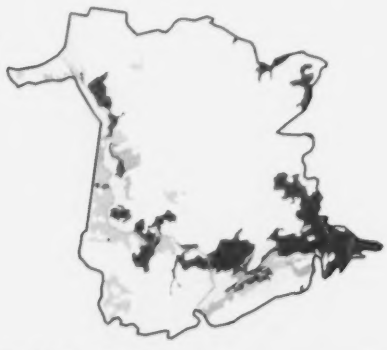


FIGURE 24.7-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées au Nouveau-Brunswick selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

La teneur en carbone organique du sol (COS), qui avait peu changé dans 82 p. 100 des terres en 1981, a baissé dans 79 p. 100 des terres en 2006 (Figure 24.7-3, tableau 9-1). Le carbone organique relatif (COR) tombe surtout dans la catégorie faible à modérée (moyenne de 0,72 en 2006, contre 0,75 en 1981). Le Nouveau-Brunswick compte toutefois de nombreux sols à faible ou très faible teneur en COR (figure 9-4). Soixante-dix pour cent (70 p. 100) de ces terres ont enregistré des pertes de COS, ce qui mine la santé générale des sols. Ces changements, qui correspondent surtout à des baisses du COS, sont attribuables à la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles et à un certain déboisement.

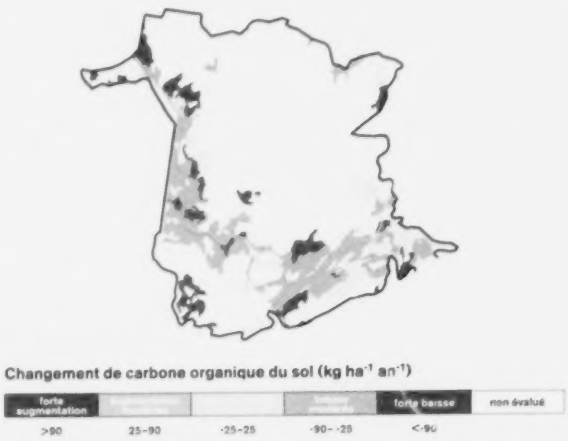


FIGURE 24.7-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha-1 an-1) au Nouveau-Brunswick, 2006.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Les pourcentages de terres dans les différentes catégories de risque n'ont pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006. Les catégories de risque faible, modéré et élevé comptaient pour 69 p. 100, 21 p. 100 et 10 p. 100 respectivement de la superficie agricole de la province. Aucune des terres agricoles n'était censée se classer dans les catégories de risque très faible ou très élevé (tableau 10-1).

D'après les données de 2006, on s'attend à ce que les concentrations d'ET dépassent les concentrations de base actuelles d'au moins 30 p. 100 sur 90 p. 100 des terres agricoles du Nouveau-Brunswick. Le pourcentage des terres où cette augmentation est censée atteindre entre 50 p. 100 et 100 p. 100 est toutefois passé de 17 p. 100 en 1981 à 30 p. 100 selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006 (tableau 10-2). Cette augmentation est principalement attribuable à l'utilisation d'engrais phosphatés dans la production des pommes de terre sur les sols à texture sableuse.

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, aucune terre agricole du Nouveau-Brunswick ne se classait dans la catégorie d'ARS très faible et seulement 1 p. 100 des terres appartenaient à la catégorie faible (tableau 12.1-1). Le pourcentage de terres agricoles dans la catégorie très élevée a connu une hausse spectaculaire (de 2 p. 100 à 89 p. 100) entre 1981 et 2006.

Les apports d'azote au Nouveau-Brunswick, qui étaient de 83,5 kg N ha^{-1} en 1981, ont monté à 128 kg N ha^{-1} en 2006 (tableau 12.1-2). Cette hausse était principalement attribuable à la plus grande quantité d'engrais épandue et à une plus grande fixation de l'azote par les cultures légumineuses.

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

Au Nouveau-Brunswick, le risque de contamination de l'eau par l'azote a connu une hausse substantielle entre 1981 et 2006 (tableau 12.2-2; figures 12.2-2 et 12.2-3). La proportion de la superficie cultivée est passée de 61 p. 100 à 0 p. 100 dans les catégories de risque faible et très faible, de 36 p. 100 à 5 p. 100 dans la catégorie de risque modéré, et de 2 p. 100 à 96 p. 100 dans les catégories de risque élevé et très élevé (figure 24.7-4).

Les provinces de l'Atlantique sont parmi les plus humides au Canada, les précipitations hivernales s'établissant en moyenne entre 600 mm et 800 mm, d'où des estimations élevées et variables du drainage hivernal et une teneur en eau du sol qui approche de la capacité au champ. Au Nouveau-Brunswick, les pertes d'azote hivernal ont plus que doublé (figure 12.2-4), et la concentration en nitrates a enregistré une forte hausse (de 5,0 kg N ha^{-1} à 14,2 mg N L^{-1}, figure 12.2-5), surtout en raison de l'accroissement de la quantité d'ARS (de 23,8 kg N ha^{-1} à 57,3 kg N ha^{-1}), qui, à son tour, était causé par de plus grands apports d'azote fournis par les engrais ou fixés par les cultures légumineuses. Reynolds et coll. (1995) signalaient que les niveaux de nitrates dans l'eau de drainage des champs de pommes de terre au Nouveau-Brunswick dépassaient souvent 10 mg N L^{-1}.

FIGURE 24.7-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles au Nouveau-Brunswick selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

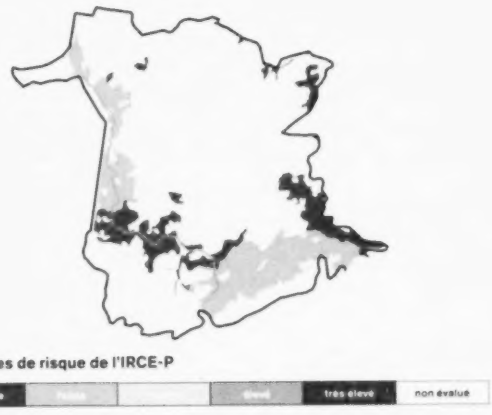


FIGURE 24.7-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles au Nouveau-Brunswick selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Les 14 bassins versants du Nouveau-Brunswick se classaient dans les catégories de risque faible et très faible (figure 24.7-5). Entre 1981 et 2006 cependant, quatre bassins versants à très faible risque ont été reclassés dans la catégorie de risque faible (figure 13-2). Un bassin versant situé dans la région de culture des pommes de terre dans l'ouest de la province subissait les plus fortes pressions à la source en raison de l'utilisation d'engrais phosphatés minéraux (figure 13-7). Le transfert des trois autres bassins versants du sud-est de la province à une catégorie de risque plus élevé pourrait être dû à l'augmentation de la superficie cultivée en rangs espacés, qui accélère l'écoulement de surface et l'érosion du sol. Comme le montre le tableau 13-2, 35 p. 100 des terres agricoles se classent maintenant dans la catégorie de risque élevé ou très élevé de contamination à la source, probablement parce que l'utilisation des engrais phosphatés minéraux a augmenté de 11 p. 100 entre 1981 et 2006.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-coliformes)

D'après l'évaluation du risque de contamination par les coliformes, la plupart des 14 bassins versants du Nouveau-Brunswick, représentant 76 p. 100 des terres agricoles, couraient un risque faible ou très faible en 2006, la partie centrale du bassin versant des rivières Saint-Jean et Becaguimec faisant exception à cette règle (figure 14-2). Deux bassins versants comptant pour 34 p. 100 des terres agricoles, soit ceux de la partie centrale des rivières Saint-Jean et Becaguimec et de la rivière Petitcodiac, se classaient souvent dans les catégories de risque modéré ou élevé entre 1981 et 2006. En ce qui concerne les pressions exercées par les sources de coliformes au cours des 25 dernières années, les pâturages ont substantiellement reculé et la population bovine a diminué, tandis que les populations porcine et avicole ont grossi.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-pesticides)

En 2006, 52 p. 100 des terres cultivées au Nouveau-Brunswick présentaient un risque faible ou très faible de contamination de l'eau par les pesticides, ce qui représente une baisse par rapport à 1981, lorsque 85 p. 100 des terres se classaient dans ces catégories (tableau 15-2). Il y a eu une proportion significative mais variable de terres cultivées dans la catégorie de risque modéré sur la période de 25 ans, avec une hausse générale dans les catégories de risque élevé et très élevé. Le risque faible à modéré enregistré sur cette période est en corrélation avec le nombre moyen de jours de ruissellement par an (tableau 15-3). En 2006, 16 p. 100 des terres cultivées ont connu entre 21 et 28 événements de ruissellement, de sorte que 14 p. 100 et 12 p. 100 des terres cultivées affichaient un risque élevé et très élevé, respectivement, de contamination de l'eau par les pesticides (tableau 15-2). Ce risque élevé est probablement dû à la hausse des taux d'application manifeste dans la catégorie très élevée en 2001 et 2006 (tableau 15-4).

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

La production agricole dans chacune des provinces de l'Atlantique est faible en comparaison avec le reste du Canada. Il a donc été décidé de regrouper Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick et de présenter leurs émissions de GES d'origine agricole comme s'il s'agissait d'une seule région. Les émissions nettes de GES dans les provinces de l'Atlantique ont connu une légère hausse, passant de 1,4 Mt CO_2e en 1981 à 1,6 Mt CO_2e en 2006 (figure 24.7-6, tableau 16-1). La réduction de la population de vaches laitières et de bovins à viande a entraîné une petite diminution des émissions de CH_4 (de 0,7 Mt CO_2e à 0,6 Mt CO_2e). Bien que l'apport en azote du fumier ait également baissé, une plus grande utilisation des engrais azotés et l'accroissement de l'azote provenant des résidus de culture ont aidé à stabiliser les émissions de N_2O autour de 0,7 Mt CO_2e. Dans les provinces de l'Atlantique comme au Québec, la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles a entraîné une hausse des émissions de CO_2, qui sont passées de 0,1 Mt CO_2 à 0,2 Mt CO_2.

FIGURE 24.7-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole au Nouveau-Brunswick, 2006.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Les émissions d'ammoniac du Nouveau-Brunswick comptent pour moins de 1 p. 100 des émissions canadiennes d'origine agricole. Les bovins à viande et vaches laitières sont responsables de 53 p. 100 des émissions provinciales, le reste étant divisé à parts presque égales entre la volaille, les porcs et les engrais (tableau 17-2). La quantité d'émissions agricoles de NH_3

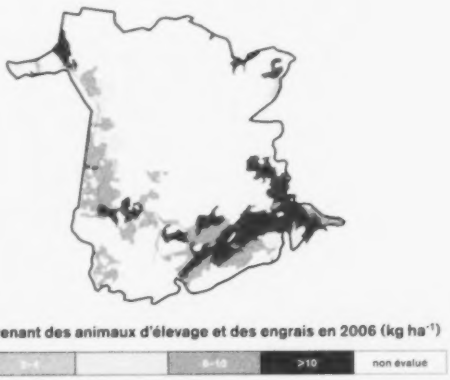


FIGURE 24.7-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles au Nouveau-Brunswick en 2006.

a baissé de 6,9 p. 100 entre 2001 et 2006. Le pourcentage de terres dans les catégories d'intensité élevée et très élevée est resté relativement constant à environ 80 p. 100 entre 2001 et 2006 (figure 24.7-7, tableau 17-1).

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Au Nouveau-Brunswick, les émissions de particules d'origine agricole ont diminué de 12 p. 100 pour le TPS, 6 p. 100 pour les PM_{10} et 9 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). Les émissions de particules associées à la préparation des terres et à l'érosion éolienne ont baissé d'environ 30 p. 100 entre 1981 et 2006, tandis que celles découlant des autres activités agricoles ont augmenté. La hausse des émissions liées aux activités d'élevage et à la récolte est principalement attribuable à l'augmentation de la superficie cultivée et des populations animales de la province. La tendance à la baisse des émissions observée entre 1981 et 2006 découle surtout du recul des méthodes classiques de travail du sol combiné à la réduction de la superficie en jachère.

24.8 Nouvelle-Écosse

Sommaire

Les terres agricoles, dont 31 p. 100 sont des terres cultivées, 14 p. 100 sont des pâturages et 55 p. 100 appartiennent à la catégorie toutes les autres terres, représentent environ 8 p. 100 de la superficie totale de la Nouvelle-Écosse (tableau 24.8-1). Les principaux extrants de la Nouvelle-Écosse sont les produits laitiers, la volaille et les œufs. Les indicateurs agroenvironnementaux montrent qu'entre 1981 et 2006, l'utilisation des terres agricoles s'est intensifiée et les méthodes classiques de travail du sol ont perdu du terrain, tandis que les méthodes de conservation et sans travail du sol ont gagné en popularité. La couverture des sols a augmenté, le risque d'érosion du sol a diminué, le risque de contamination par les éléments traces n'a pas changé, et le stock de carbone dans le sol a diminué. Il n'y a pas eu de changement dans la capacité d'habitat faunique des terres agricoles de la Nouvelle-Écosse. Le risque de contamination de l'eau par l'azote, le phosphore, les coliformes et les pesticides s'étant accru durant cette période, il pourrait être nécessaire de prendre des mesures additionnelles de gestion. La Nouvelle-Écosse a vu ses émissions d'ammoniac et de particules baisser entre 1981 et 2006, mais les émissions de gaz à effet de serre des provinces de l'Atlantique ont légèrement augmenté durant cette période.

TABLE 24.8-1 Sommaire des statistiques agricoles en Nouvelle-Écosse, 2006

Données sur les terres (hectare (ha))	
Superficie totale	5,5 millions ha
Superficie totale des terres	5,3 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	403 000 ha
Terres cultivées	29 %
Terres de pâturage	14 %
Terres utilisées à d'autres fins	57 %
Superficie agricole moyenne	106 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	3 795
Nombre total de familles	3 055
Nombre total d'exploitants	5 100
Âge moyen des exploitants	53
Principaux extrants agricoles	
Produits laitiers	108 millions $
Volaille et œufs	85 millions $
Produits floraux et de pépinière	37 millions $
Bovins et veaux	23 millions $
Porcs	23 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	4,2 millions
Bovins et veaux	104 000
Porcs et porcelets	95 000
Vaches laitières	22 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	46 millions $
Revenu monétaire total	447 millions $
Dépenses d'exploitation totales	401 millions $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	36 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	33 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	8 %
Plus de 100 000 $	23 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	173
Valeur totale des livraisons	s.o.
Transformation des aliments	2,1 milliards $
Produits de la mer	45 %
Produits de viande	17 %
Produits laitiers	11 %
Produits alimentaires pour animaux	5 %
Autres aliments	22 %
Boissons	s.o.
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	13 millions $
Exportations	
Total des exportations agricoles	257 millions $
Produits en vrac	0 %
Produits intermédiaires	7 %
Produits de consommation	93 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	176 millions $
Japon	16 millions $
Allemagne	10 millions $
Royaume-Uni	10 millions $
Chine	8 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	244 millions $
Produits en vrac	65 %
Produits intermédiaires	5 %
Produits de consommation	30 %

Gestion des terres agricoles

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie totale des terres agricoles de la Nouvelle-Écosse a diminué, passant de 466 000 hectares en 1981 à 403 000 hectares en 2006 (figure 24.8-1). La superficie en pâturage a reculé et les jachères ont pratiquement disparu. Toutes les autres terres occupent une moins grande superficie, mais cette catégorie représente encore 55 p. 100 des terres cultivées. La production s'est intensifiée, le pourcentage de terres cultivées se hissant à 31 p. 100 des terres agricoles (tableau 4-1, figure 4-1). La proportion de terres céréalières est descendue, tandis que le pourcentage de terres cultivées en maïs s'est accru. La proportion de terres consacrée aux cultures fourragères a baissé malgré l'ajout d'un millier d'hectares à la superficie. La catégorie des autres cultures a vu sa proportion augmenter à 26 p. 100 des terres cultivées (tableau 4-2). La popularité des méthodes classiques de travail du sol a diminué entre 1991 et 2006, avec une augmentation correspondante de la superficie traitée selon les méthodes de conservation et sans travail du sol (tableau 4-3). Comme dans les autres provinces de l'Atlantique, la population bovine a reculé et le nombre de volailles a augmenté. La Nouvelle-Écosse était une des trois provinces canadiennes où la population porcine a baissé (de 32 p. 100) entre 1981 et 2006. Le nombre de moutons et de chèvres a lui aussi diminué, tandis que la population chevaline a grossi.

FIGURE 24.8-1 Proportion des terres agricoles en Nouvelle-Écosse, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Quarante pour cent (40 p. 100) des producteurs des provinces de l'Atlantique avaient élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 10 p. 100 était en train de le faire en 2006 (Statistique Canada, 2007). De nombreux producteurs de la région de l'Atlantique avaient adopté des pratiques de gestion bénéfique afin de réduire le risque pour l'environnement et d'améliorer la performance environnementale. Dans les provinces de l'Atlantique, 45 p. 100 des producteurs aménagaient une zone riveraine le long des cours d'eau, 43 p. 100 maintenaient une distance de séparation, 23 p. 100 bloquaient l'accès du bétail en pâturage aux eaux de surface et 24 p. 100 en limitaient l'accès. Par ailleurs, 4 p. 100 injectaient du fumier liquide directement dans le sol, 43 p. 100 l'appliquaient à la volée puis l'incorporaient dans le sol, et 48 p. 100 n'incorporaient pas de fumier liquide dans le sol, ce qui indiquait qu'il y avait matière à amélioration.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

Le degré de couverture des sols en Nouvelle-Écosse, qui est le plus élevé au Canada, a connu une augmentation graduelle au cours des 25 dernières années, à l'exception de la période 1996-2001, durant laquelle il a légèrement baissé (tableau 6-1). L'amélioration générale s'élevait à un peu plus de 1 p. 100, la plus forte hausse (4 p. 100) ayant été enregistrée le long de la côte du Golfe. L'amélioration de la couverture des sols découlait d'une expansion de la superficie cultivée en maïs-grain, d'une baisse des terres consacrées à la culture de la pomme de terre et de l'adoption de pratiques de conservation et sans travail du sol sur les terres cultivées. Les changements qui ont eu une incidence négative sur le degré de couverture des sols comprenaient l'expansion des terres plantées en maïs à ensilage, en soya et en cultures de pépinière ainsi que le recul des cultures vivaces et céréalières. En 2006, 82 p. 100 des terres agricoles se classaient dans la catégorie très élevée de couverture des sols et 14 p. 100, dans la catégorie élevée (tableau 6-2). Toutes les terres dans la catégorie modérée (4 p. 100) se trouvent dans la vallée de l'Annapolis, où la majorité des cultures annuelles de la province sont cultivées et où une grande partie de la paille céréalière est enlevée du champ.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, la capacité d'habitat faunique pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) était considérée comme élevée sur 58 p. 100 des terres agricoles, très élevée sur 18 p. 100 et modérée sur 23 p. 100 (tableau 7-1). La CH_{ra} est restée constante sur 20 ans, les diminutions importantes ayant été compensées par des augmentations (tableau 7-2) à l'échelle provinciale.

Le pourcentage relativement élevé de terres naturelles et semi-naturelles dans le paysage agricole en Nouvelle-Écosse était le principal facteur derrière la grande CH_{ra}. La constance de la CH_{ra} sur 20 ans découlait d'une représentation généralement stable des types de couverture importants dans le paysage agricole, dont toutes les autres terres, les pâturages non améliorés, les pâturages améliorés et les terres à foin. Les améliorations de la CH_{ra} étaient associées à une conversion à des cultures plus attrayantes pour la faune, tandis que les baisses découlaient généralement du recul de toutes les autres terres. Les terres agricoles de la Nouvelle-Écosse constituaient une proportion relativement faible du paysage global. La plupart des régions qui

ont connu une baisse ont donc gardé une CH_{ra} élevée ou très élevée étant donné l'importance de la composante toutes les autres terres.

En 2006, la capacité d'habitat faunique pour l'hibernation (CH_h) moyenne à l'échelle de la province était très élevée. Quatre-vingt-deux pour cent (82 p. 100) des terres agricoles tombaient dans la catégorie très élevée; 17 p. 100, dans la catégorie élevée; et 1 p. 100, dans la catégorie modérée (tableau 7-3). La très grande CH_h était attribuable au fait que la couverture terrestre la plus importante pour l'hibernation (toutes les autres terres) constituait un pourcentage élevé du paysage agricole.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

La proportion de terres agricoles dans la catégorie de risque très faible a progressé de 36 p. 100 en 1981 à 67 p. 100 en 2006 (Figure 24.8-2, tableau 8-1). Cette période a aussi vu de modestes améliorations du risque d'érosion par l'eau et le travail du sol. Le pourcentage de terres est passé de 93 p. 100 à 99 p. 100 dans la catégorie de risque très faible d'érosion par le travail du sol (tableau 8-4), de 52 p. 100 à 72 p. 100 dans la catégorie de risque très faible d'érosion hydrique (tableau 8-2) et de 19 p. 100 à 7 p. 100 dans la catégorie de risque modéré à très élevé d'érosion hydrique, tandis que la proportion dans les catégories de risque modéré à très élevé d'érosion par le travail du sol est restée inférieure à 1 p. 100 tout au long de la période.

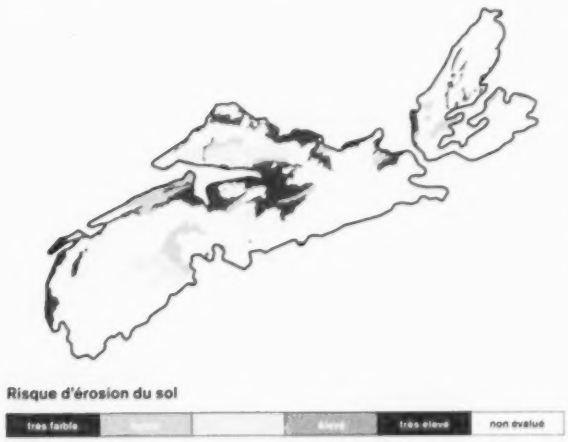


FIGURE 24.8-2 **Risque d'érosion du sol des terres cultivées en Nouvelle-Écosse selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.**

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

En Nouvelle-Écosse, 83 p. 100 des terres ont vu leur teneur en carbone organique du sol (COS) diminuer en 1981 (figure 24.8-3, tableau 9-1). Les pertes moyennes de COS, qui étaient

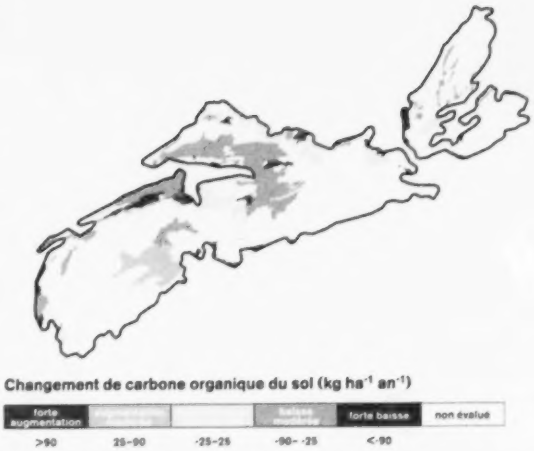


FIGURE 24.8-3 **Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha-1 an-1) en Nouvelle-Écosse, 2006.**

à leur plus faible en 1996 (-41 kg ha^{-1} an^{-1}), étaient montées à -64 kg ha^{-1} an^{-1} en 2006. Le pourcentage de terres dont la teneur en COS a augmenté a aussi atteint son plus haut niveau (5 p. 100) en 1996 avant de reculer légèrement à 4 p. 100 en 2006. La valeur du carbone organique relatif (COR) se situait souvent dans la catégorie très faible (la moyenne provinciale est de 0,58). Comme 56 p. 100 des terres agricoles ont une teneur faible ou très faible en COR et un taux de COS à la baisse, une faible teneur en COS menace la qualité du sol (tableau 9-4). La réduction du COS depuis 1981 est surtout attribuable aux changements apportés à l'utilisation des terres, comme la conversion de terres forestières en terres agricoles et de cultures vivaces en cultures annuelles (figure 9-2).

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Les pourcentages de terres dans les différentes catégories de risque n'ont pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006. Les catégories de risque très faible, faible, modéré et élevé représentaient 0 p. 100, 27 p. 100, 41 p. 100 et 31 p. 100 respectivement de la superficie agricole. Environ 1 p. 100 des terres agricoles de la Nouvelle-Écosse pourraient se retrouver dans la catégorie de risque très élevé dans 100 ans si les pratiques de gestion en vigueur en 2006 étaient maintenues (tableau 10-1).

D'après les populations, la superficie cultivée et les pratiques en vigueur en 1981 et 2006, les concentrations d'ET devraient dépasser les niveaux de base actuels d'au moins 30 p. 100 sur près de 70 p. 100 des terres agricoles de la Nouvelle-Écosse (tableau 10-2). Le pourcentage de terres où cette augmentation était censée atteindre entre 50 p. 100 et 100 p. 100 est passé de 21 p. 100 à 25 p. 100. L'accroissement des populations humaine et d'animaux d'élevage enregistré en Nouvelle-Écosse durant cette période a fait augmenter les apports d'ET (tableau 10-5).

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, aucune terre agricole de la Nouvelle-Écosse ne se classait dans la catégorie d'ARS très faible (tableau 12.1-1). Entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres agricoles est passé de 10 p. 100 à 1 p. 100 dans la catégorie d'ARS faible et de 12 p. 100 à 83 p. 100 dans la catégorie d'ARS très élevée.

Les apports d'azote en Nouvelle-Écosse sont passés de 92,7 kg N ha^{-1} en 1981 à 124 kg N ha^{-1} en 2006, surtout en raison d'une plus grande utilisation des engrais et de l'augmentation de la quantité d'azote fixée par les cultures légumineuses. Les apports et pertes d'azote du fumier sont restés relativement constants sur cette période de 25 ans. On a néanmoins noté un pic des rendements et des pertes d'azote en 1996 (tableau 12.1-2).

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

La Nouvelle-Écosse a connu une hausse marquée du risque de contamination de l'eau par l'azote entre 1981 et 2006 (tableau 12.2-2; figures 12.2-2 et 12.2-3). La proportion des terres agricoles est passée de 59 p. 100 à 4 p. 100 dans les catégories de risque faible et très faible, de 15 p. 100 à 3 p. 100 dans la catégorie de risque modéré, et de 26 p. 100 à 94 p. 100 dans les catégories de risque élevé et très élevé (figure 24.8-4).

En Nouvelle-Écosse, les pertes d'azote hivernales ont doublé (de 18 kg N ha^{-1} en 1981 à 40 kg N ha^{-1} en 2006) et les concentrations de nitrates ont fortement augmenté (figure 12.2-4, 12.2-5), surtout en conséquence de la montée en flèche des quantités d'ARS qui, à son tour, était associée à la plus grande quantité d'azote apportée par les engrais ou fixée par les cultures légumineuses.

FIGURE 24.8-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles en Nouvelle-Écosse selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

FIGURE 24.8-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles en Nouvelle-Écosse selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Des 19 bassins versants de la Nouvelle-Écosse, en 2006, le bassin versant de l'Annapolis courait un risque modéré, celui de la Gaspereau, un risque élevé, et les 17 autres bassins versants de la Nouvelle-Écosse, un risque faible ou très faible (figure 24.8-5). Les deux bassins versants précités constituent 34 p. 100 (tableau 13-1) des terres agricoles de la province qui courent un risque élevé ou très élevé de contamination par le phosphore à la source (tableau 13-6). Bien que la superficie agricole totale ait diminué de 15 p. 100 au cours des 25 dernières années, les terres consacrées aux cultures en rangées espacées ont connu une hausse d'environ 20 p. 100. Durant la même période, 11 bassins versants sont passés à un niveau de risque plus élevé (figure 13-2). Près de la moitié des terres agricoles (46 p. 100) se classent dans les catégories de risque élevé et très élevé de contamination par le phosphore à la source (tableau 13-2).

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-coliformes)

L'évaluation du risque de contamination par les coliformes effectuée en Nouvelle-Écosse en 2006 montrait essentiellement des niveaux de risque faible et très faible pour 19 bassins versants (figure 14-2). Entre 1981 et 1996, le bassin versant de la rivière Gaspereau, qui compte pour 18 p. 100 des terres agricoles, se classait souvent dans la catégorie de risque modéré ou élevé (tableau 14-1). En ce qui concerne les pressions exercées

par les sources de coliformes au cours des 25 dernières années, les pâturages ont connu une baisse substantielle, les populations bovine et porcine ont diminué, et le nombre de volailles a augmenté.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IRCE-pesticides)

En 2006, 90 p. 100 des terres cultivées de la Nouvelle-Écosse présentaient un risque faible ou très faible de contamination de l'eau par les pesticides. Ceci représente une petite baisse par rapport à 1981, lorsque 99 p. 100 des terres se classaient dans ces catégories. En 2006, seulement 7 p. 100 des terres cultivées affichaient un risque modéré à très élevé de contamination de l'eau par les pesticides (tableau 15-2). La proportion de terres dans ces catégories de risque dépend de la quantité d'herbicides appliquée et du nombre de jours de ruissellement. Les années où le pourcentage de terres dans la catégorie de risque très élevé était plus fort (tableau 15-2) correspondent aux années où de plus grandes quantités de pesticides ont été appliquées par hectare (tableau 15-4).

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

La production agricole dans chacune des provinces de l'Atlantique est faible en comparaison avec le reste du Canada. Il a donc été décidé de regrouper Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick et de présenter leurs émissions de GES d'origine agricole comme s'il s'agissait d'une seule région. Les émissions nettes de GES dans les provinces de l'Atlantique ont connu une légère hausse, passant de 1,4 Mt CO_2e en 1981 à 1,6 Mt CO_2e en 2006 (figure 24.8-6, tableau 16-1). La réduction de la population de vaches laitières et de bovins à viande a entraîné une petite diminution des émissions de CH_4 (de 0,7 Mt CO_2e à 0,6 Mt CO_2e). Bien que l'apport en azote du fumier ait également baissé, une plus grande utilisation des engrais azotés et l'accroissement de l'azote provenant des résidus de culture ont aidé à stabiliser les émissions de N_2O autour de 0,7 Mt CO_2e. Dans les provinces de l'Atlantique comme au Québec, la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles a entraîné une hausse des émissions de CO_2, qui sont passées de 0,1 Mt CO_2 à 0,2 Mt CO_2.

FIGURE 24.8-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole en Nouvelle-Écosse, 2006.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Moins de 1 p. 100 des émissions agricoles canadiennes de NH_3 proviennent de la Nouvelle-Écosse. Plus de 57 p. 100 des émissions ont été générées par les bovins à viande et les vaches laitières et presque 20 p. 100, par la volaille (tableau 17-2). La réduction du nombre d'animaux d'élevage, particulièrement des porcs, entre 2001 et 2006 a fait baisser les émissions d'ammoniac de 6 p. 100 et ramené de 80 p. 100 à 76 p. 100 le pourcentage de terres agricoles dans les catégories d'intensité élevée et très élevée (figure 24.8-7, tableau 17-1).

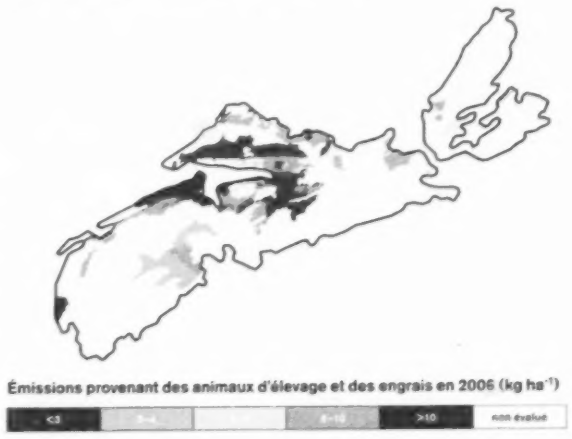


FIGURE 24.8-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles en Nouvelle-Écosse en 2006..

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Entre 1981 et 2006, les émissions de particules d'origine agricole en Nouvelle-Écosse ont baissé de 23 p. 100 pour le TPS, 28 p. 100 pour les PM_{10} et 27 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). Les émissions de particules découlant de la préparation des terres et de l'érosion éolienne ont beaucoup baissé à cause de la popularité croissante des pratiques de conservation et sans travail du sol et de la réduction de la superficie en jachère.

24.9 Île-du-Prince-Édouard

Sommaire

Les terres agricoles représentent environ 44 p. 100 de la superficie totale de l'Île-du-Prince-Édouard, les principaux extrants agricoles étant les pommes de terre et les produits laitiers (tableau 24.9-1). Il y a eu amélioration de la couverture des sols, du taux d'érosion du sol et des émissions de particules en 2006, mais aucun changement dans le risque de contamination du sol par les éléments traces et le risque de contamination de l'eau par les coliformes et les émissions d'ammoniac. La période 1981-2006 a vu une utilisation plus intensive des terres à l'Île-du-Prince-Édouard, une réduction de la capacité d'habitat faunique et du carbone dans le sol, ainsi qu'un risque accru de contamination de l'eau par l'azote, le phosphore et les pesticides. Les émissions de gaz à effet de serre des provinces de l'Atlantique ont légèrement augmenté entre 1981 et 2006.

TABLEAU 24.9-1 Sommaire des statistiques agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard, 2006

Données sur les terres (hectare (ha))	
Superficie totale	566 000 ha
Superficie totale des terres	566 000 ha
Superficie totale des terres agricoles	251 000 ha
Terres cultivées	68 %
Terres de pâturage	9 %
Terres utilisées à d'autres fins	23 %
Superficie agricole moyenne	148 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	1 700
Nombre total de familles	1 335
Nombre total d'exploitants	2 330
Âge moyen des exploitants	51
Principaux extrants agricoles	
Pommes de terre	203 millions $
Produits laitiers	63 millions $
Porcs et porcelets	24 millions $
Bovins et veaux	21 millions $
Légumes	10 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	447 000
Bovins et veaux	86 000
Porcs et porcelets	123 000
Vaches laitières	13 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	31 millions $
Revenu monétaire total	376 millions $
Dépenses d'exploitation totales	345 millions $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	24
Entre 10 000 $ et 49 000 $	26
Entre 50 000 $ et 100 000 $	13
Plus de 100 000 $	37
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	51
Valeur totale des livraisons	s.o.
Transformation des aliments	880 millions $
Produits de la mer	40
Autres aliments	60
Boissons	s.o.
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	324 millions $
Exportations	
Total des exportations agricoles	327 millions $
Produits en vrac	0 %
Produits intermédiaires	7 %
Produits de consommation	93 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	288 millions $
Trinité-et-Tobago	5 millions $
Japon	4 millions $
Bahamas	4 millions $
Venezuela	3 millions $
Importations	
Total des importations agricoles	4 millions $
Produits en vrac	0 %
Produits intermédiaires	4 %
Produits de consommation	96 %

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

Entre 1981 et 2006, la superficie agricole totale de l'Île-du-Prince-Édouard a été ramenée de 283 000 à 251 000 hectares (figure 24.9-1), les terres à pâturage ont diminué, les jachères ont pratiquement disparu, et la proportion occupée par toutes les autres terres a diminué. Les terres cultivées ont toutefois augmenté de 13 000 hectares, leur proportion grimpant à 68 p. 100 des terres agricoles en 2006 (tableau 4-1 figure 4-1). La répartition des types de cultures a beaucoup changé, avec une diminution des terres céréalières et une expansion de la superficie consacrée à la culture de la pomme de terre, des légumineuses, des fourrages et à d'autres cultures. La superficie cultivée en maïs est restée constante à 2 700 hectares et celle consacrée à la culture des oléagineux est demeurée inférieure à 1 p. 100 (tableau 4-2). La proportion des terres cultivée selon les méthodes classiques de travail du sol a baissé entre 1991 et 2006, tandis que celle cultivée selon les méthodes de conservation ou sans travail du sol a augmenté (tableau 4-3). Le nombre de bovins, de chevaux, de moutons et de chèvres a diminué, tandis que les populations porcine et avicole ont grossi durant cette période (tableau 4-4).

FIGURE 24.9-1 Proportion des terres agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Quarante pour cent (40 p. 100) des producteurs des provinces de l'Atlantique avaient élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 10 p. 100 était en train de le faire en 2006 (Statistique Canada, 2007). De nombreux producteurs de la région de l'Atlantique avaient adopté des pratiques de gestion bénéfique afin de réduire le risque pour l'environnement et d'améliorer la performance environnementale. Dans les provinces de l'Atlantique, 45 p. 100 des producteurs aménageaient une zone tampon riveraine le long des voies d'eau, 43 p. 100 maintenaient une distance de séparation, 23 p. 100 bloquaient l'accès du bétail en pâturage aux eaux de surface et 24 p. 100 en limitaient l'accès. Par ailleurs, 4 p. 100 des producteurs injectaient du fumier liquide directement dans le sol, 43 p. 100 l'appliquaient à la volée puis l'incorporaient dans le sol et 48 p. 100 n'incorporaient pas de fumier liquide dans le sol; il y avait donc matière à amélioration.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

Le degré moyen de couverture des sols à l'échelle provinciale a augmenté de 2 p. 100 entre 1981 et 2006, la plus grande augmentation étant survenue entre 1981 et 1986. Un certain nombre de changements culturaux qui influencent le degré de couverture des sols sont survenus au cours des 25 années de l'étude, mais les effets positifs et négatifs se neutralisaient entre eux, réduisant les fluctuations au minimum. Les effets positifs incluaient l'adoption de pratiques de travail réduit du sol et de culture sans travail du sol, la réduction des cultures de maïs à ensilage et de légumes et la quasi-disparition de la tabaculture, ainsi que l'expansion de la superficie consacrée au maïs-grain. Les changements qui nuisaient au degré de couverture des sols comprennent la popularité croissante des cultures de pommes de terre et de soya et la contraction des cultures vivaces et céréalières. Les terres agricoles de l'Île-du-Prince-Édouard sont concentrées dans les catégories élevée (28 p. 100) et modérée (72 p. 100) de couverture (tableau 6-2). Le degré élevé de couverture des sols est attribuable à l'utilisation fréquente des cultures vivaces et céréalières dans la rotation des cultures, ainsi qu'aux proportions relativement élevées des céréales d'hiver.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, la capacité provinciale moyenne d'habitat faunique pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) était faible, car la plupart des terres agricoles se classaient dans les catégories faible (75 p. 100) ou très faible (24 p. 100) et seulement 1 p. 100, dans la catégorie modérée (tableau 7-1). Entre 1986 et 2006, la CH_{ra} a beaucoup baissé à l'Île-du-Prince-Édouard. La CH_{ra} a reculé sur 47 p. 100 des terres agricoles, a augmenté sur 10 p. 100 et est restée constante sur 42 p. 100 (tableau 7-2). Les changements survenus sur 20 ans ont entraîné une transition majeure de la CH_{ra} de la catégorie modérée à faible et très faible et de la catégorie faible à très faible.

Le recul de la CH_{ra} résultait du fait que les trois types de couverture ayant la plus grande valeur pour la faune (toutes les autres terres, pâturages non améliorés et pâturages améliorés) avaient vu leur proportion baisser tandis que le pourcentage des couvertures moins attrayantes pour la faune, comme la pomme de terre et le foin cultivé, avait augmenté. La CH_{ra} était faible, car une forte proportion de la superficie agricole était cultivée (77,6 p. 100), laissant un pourcentage relativement faible d'habitats naturels ou semi-naturels à la disposition des 235 espèces de vertébrés terrestres observées sur les terres agricoles de l'Île-du-Prince-Édouard. C'est dans les régions où la composante toutes les autres terres est à la baisse et où les terres agricoles représentent un pourcentage relativement élevé du paysage global que l'agriculture exerce les plus fortes pressions sur la capacité d'habitat faunique.

En 2006, la capacité d'habitat provinciale moyenne pour l'hibernation (CH_h) était modérée, avec 76 p. 100 des terres agricoles dans cette catégorie et 24 p. 100 dans la catégorie élevée (tableau 7-3). La proportion de toutes les autres terres dans le paysage agricole était le principal facteur expliquant la classification modérée.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

À l'Île-du-Prince-Édouard, le pourcentage de terres cultivées appartenant à la catégorie de risque très faible d'érosion a grimpé à 25 p. 100 en 2006, par rapport à 18 p. 100 en 1981 (figure 24.9-2, tableau 8-1). L'Île-du-Prince-Édouard a connu une augmentation de 8 p. 100 des superficies sous pomme de terre, une hausse de 7 p. 100 des semis de luzerne et de foin et une diminution de 13 p. 100 des céréales. L'augmentation des superficies sous pomme de terre, luzerne et foin, conjuguée à la diminution des céréales et à une modeste réduction de l'intensité des labours, a donné lieu à une légère baisse du risque d'érosion du sol. Le changement le plus positif a été une diminution de la superficie à risque élevé d'érosion, qui est passée de 10 p. 100 à 0 p. 100, et une augmentation correspondante du pourcentage de terres à risque modéré d'érosion, qui est passé de 0 p. 100 à 10 p. 100. La transition à des catégories plus élevées d'érosion du sol était strictement attribuable au risque réduit d'érosion hydrique. L'Île-du-Prince-Édouard affichait la plus forte hausse du pourcentage de terres cultivées à risque très faible d'érosion hydrique, qui est passé de 67 p. 100 en 1981 à 90 p. 100 en 2006 (tableau 8-2). L'érosion par le travail du sol était négligeable dans les catégories de risque modéré à très élevé. Le pourcentage de terres dans la catégorie très faible de risque d'érosion attribuable au travail du sol est passé de 34 p. 100 à 41 p. 100 (tableau 8-4). La proportion de terres cultivées dans la catégorie de risque faible a été ramenée de 23 p. 100 à 1 p. 100 pour l'érosion hydrique et de 66 p. 100 à 59 p. 100 pour l'érosion par le travail du sol. C'est à l'Île-du-Prince-Édouard qu'on trouvait la plus forte proportion de terres dans la catégorie de risque faible d'érosion par le travail du sol.

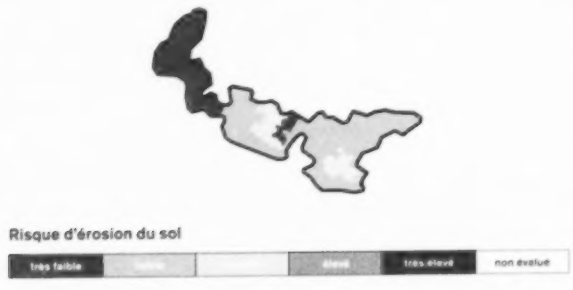


FIGURE 24.9-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées à l'Île-du-Prince-Édouard selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

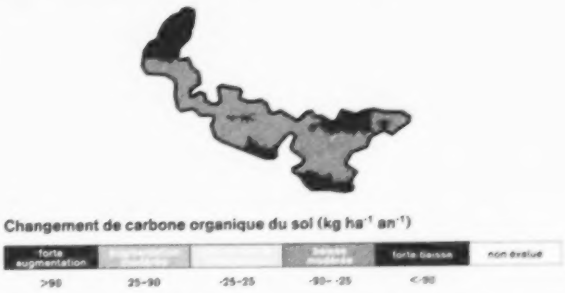


FIGURE 24.9-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha-1 an-1) à l'Île-du-Prince-Édouard, 2006.

Toutes les terres ont vu leur teneur en carbone organique du sol (COS) diminuer entre 1981 et 2006 (figure 24.9-3). Le taux moyen de perte est passé de -79 kg ha^{-1} an^{-1} en 1981 à -67 kg ha^{-1} an^{-1} en 2006 (tableau 9-2). Durant cette période, 27 p. 100 des terres ont connu une réduction importante du COS (tableau 9-1). Le carbone organique relatif (COR) se situait généralement dans la catégorie faible à modérée (moyenne : 0,70). Le tiers des terres avait une teneur relativement faible en COR et continuait de perdre du COS, ce qui soulevait des préoccupations importantes concernant la qualité du sol (tableau 9-4). La réduction du COS est principalement attribuable à la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles et aux changements apportés à l'utilisation des terres.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Les pourcentages de terres dans les différentes catégories de risque n'ont pas changé de façon appréciable entre 1981 et 2006. Selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006, 86 p. 100 des terres se classaient dans la catégorie de risque modéré; 5 p. 100, dans la catégorie de risque faible; et 9 p. 100, dans la catégorie de risque élevé (tableau 10-1).

D'après les populations, la superficie cultivée et les pratiques en vigueur en 2006, les concentrations d'ET devraient dépasser les niveaux de base actuels d'au moins 30 p. 100 dans toutes les terres agricoles de l'Île-du-Prince-Édouard (tableau 10-2). Le pourcentage de terres où les hausses devraient se situer entre 50 p. 100 et 100 p. 100, qui était de 5 p. 100 en 1981, a grimpé à 24 p. 100 en 2006. Le taux accru d'accumulation est surtout attribuable aux engrais phosphatés utilisés pour cultiver la pomme de terre dans les sols à texture sableuse. L'augmentation de la population humaine et du nombre de poulets à griller enregistrée à l'Île-du-Prince-Édouard durant cette période a fait monter les apports en ET (tableau 10-5).

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, toutes les terres agricoles de l'Île-du-Prince-Édouard se classaient dans la catégorie d'ARS très élevée (tableau 12.1-1). Ces terres se situaient auparavant dans les catégories faible et modérée qui, ensemble, comptaient pour 100 p. 100 des terres agricoles en 1981.

L'augmentation des apports en azote à l'Î.-P.-É. (de 88,3 kg N ha^{-1} en 1981 à 145 kg N ha^{1} en 2006) était due au fait que les apports provenant des engrais et de la fixation d'azote par les cultures légumineuses ont presque doublé durant cette période. Les pertes d'azote sont toutefois passées de 64,1 kg N ha^{-1} en 1981 à 79,6 kg N ha^{-1} en 2006 (tableau 12.1-2).

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

Comme dans les autres provinces de l'Atlantique, le risque de contamination de l'eau par l'azote a connu une forte hausse entre 1981 et 2006 (tableau 12.2-2, figures 12.2-2 et 12.2-3). Le pourcentage de terres agricoles dans les catégories de risque faible et très faible est passé de 96 p. 100 à 0 p. 100. Dans la catégorie de risque modéré, la proportion, qui était de 4 p. 100 en 1981, a atteint un maximum de 69 p. 100 en 1986, avant de retomber à 0 p. 100 en 2001 et 2006. Dans les catégories de risque élevé et très élevé, par contre, elle est passée de 0 p. 100 à 100 p. 100 (figure 24.9-4).

Le climat hivernal humide de l'Île-du-Prince-Édouard (précipitations hivernales moyennes de 753 mm – tableau 12.2-3) se traduit par des taux élevés et variables de drainage hivernal (333 mm en moyenne – tableau 12.2-3). La forte augmentation des pertes d'azote hivernales (de 11 kg N ha^{-1} en 1981 à 38,5 kg N ha^{-1} en 2006) et des concentrations de nitrates (figure 12.2-5) étaient principalement attribuables au fait que les estimations d'ARS ont plus que doublé.

FIGURE 24.9-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

Les estimations de l'Île-du-Prince-Édouard n'ont pas été vérifiées au moyen de mesures directes, mais les données semblent indiquer que les niveaux de nitrates continuent d'augmenter dans les eaux souterraines et de surface (Somers et coll., 1999; Young et coll., 2002). Les concentrations de nitrates dans l'eau de puits mesurées entre 2000 et 2005 variaient surtout entre 3 mg N L^{-1} et 10 mg N L^{-1}. De même, Reynolds et coll. (1995) concluaient que le niveau de nitrates dans l'eau de drainage des champs de pommes de terre à l'Île-du-Prince-Édouard dépassait souvent 10 mg N L^{-1}.

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

Des cinq bassins versants de l'Île-du-Prince-Édouard, seul celui de Wilmot, qui représente 38 p. 100 des terres agricoles de la province, court un risque modéré (figure 24.9-5). Ce bassin versant est surtout consacré à la culture intensive de la pomme de terre, secteur où le phosphore à la source exerce de fortes pressions (figure 13-7). Les producteurs de cette région utilisent d'ailleurs une quantité relativement élevée d'engrais phosphatés minéraux (~25 kg P ha^{1}), par rapport à une moyenne de ~7 kg P ha^{-1} dans l'Est du Canada. En 2006, 46 p. 100 des terres agricoles se classaient dans la catégorie de risque élevé de contamination à la source (tableau 13-2), et trois des cinq bassins versants sont passés à une catégorie plus élevée au cours des 25 dernières années.

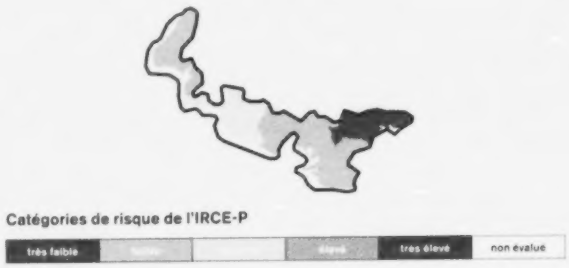


FIGURE 24.9-5 Risque de contamination de l'eau par le phosphore dans les bassins versants agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

L'évaluation du risque de contamination par les coliformes effectuée à l'Île-du-Prince-Édouard en 2006 montrait essentiellement des niveaux de risque faible et très faible pour les cinq bassins versants (figure 14-2); cette tendance est restée constante entre 1981 et 2006 (tableau 14-1). Au cours de la période de 25 ans, les pâturages et le nombre de bovins ont considérablement reculé, tandis que les populations porcine et avicole ont augmenté.

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IROWC-Pesticides)

En 2006, la plupart des terres cultivées affichaient un risque faible (27 p. 100) à modéré (60 p. 100) de contamination de l'eau par les pesticides (tableau 15-2, figure 15-2), ce qui représente une augmentation du risque depuis 1981, année où 96 p. 100 des terres cultivées se classaient dans les catégories faible ou très faible. Cette augmentation est principalement attribuable à la plus grande quantité de pesticides appliquée; un autre facteur est le nombre d'événements de ruissellement. Malgré la forte proportion de terres sur lesquelles une grande quantité de pesticides a été appliquée (tableau 15-4) en 2006, il n'y avait pas de terres dans les catégories de risque élevé ou très élevé pour la contamination de l'eau par les pesticides (tableau 15-2) en raison du nombre généralement faible d'événements de ruissellement (tableau 15-3).

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

La production agricole dans chacune des provinces de l'Atlantique est faible en comparaison avec le reste du Canada. Il a donc été décidé de regrouper Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick et de présenter leurs émissions de GES d'origine agricole comme s'il s'agissait d'une seule région. Les émissions nettes de GES dans les provinces de l'Atlantique ont connu une légère hausse, passant de 1,4 Mt CO_2e en 1981 à 1,6 Mt CO_2e en 2006 (Figure 24.9-6, tableau 16-1). La réduction de la population de vaches laitières et de bovins à viande a entraîné une petite diminution des émissions de CH_4 (de 0,7 Mt CO_2e à 0,6 Mt CO_2e). Bien que l'apport en azote du fumier ait également baissé, une plus grande utilisation des engrais azotés et l'accroissement de l'azote provenant des résidus de culture ont aidé à stabiliser les émissions de N_2O autour de 0,7 Mt CO_2e. Dans les provinces de l'Atlantique comme au Québec, la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles a entraîné une hausse des émissions de CO_2, qui sont passées de 0,1 Mt CO_2 à 0,2 Mt CO_2.

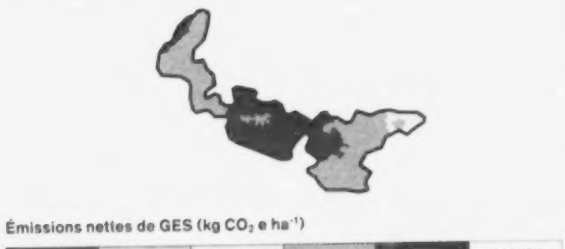


FIGURE 24.9-6 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole à l'Île-du-Prince-Édouard, 2006.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Les émissions d'ammoniac de l'Île-du-Prince-Édouard comptent pour moins de 1 p. 100 des émissions canadiennes d'origine agricole. Trente-deux pour cent (32 p. 100) des émissions provinciales sont attribuables aux bovins à viande, le reste étant divisé à parts à peu près égales entre les vaches laitières, les porcs et les engrais (tableau 17-2). Les émissions provenant de la volaille ne représentaient que 2 p. 100 du total. La quantité estimative d'émissions n'a pas changé entre 2001 et 2006, tandis que le pourcentage de terres dans les catégories d'intensité élevée et très élevée est resté stable à 95 p. 100 durant la même période (figure 24.9-7, tableau 17-1).

FIGURE 24.9-7 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles à l'Île-du-Prince-Édouard en 2006.

ÉMISSIONS DE PARTICULES (Chapitre 18)

Entre 1981 et 2006, les émissions de particules d'origine agricole ont reculé de 20 p. 100 pour le TPS, 16 p. 100 pour les PM_{10} et 14 p. 100 pour les $PM_{2,5}$ (tableau 18-1). Les pratiques de préparation des terres constituaient la principale source d'émissions d'origine agricole, avec environ 73 p. 100 du TPS, 54 p. 100 des PM_{10} et 66 p. 100 des $PM_{2,5}$. La réduction des émissions était due à l'adoption croissante des pratiques de conservation et sans travail du sol et à la diminution de la superficie en jachère. On note toutefois une légère baisse des émissions de particules générées par les activités d'élevage au cours des 25 dernières années, période durant laquelle l'Île-du-Prince-Édouard a fait des progrès au chapitre de l'intensité des émissions.

24.10 Terre-Neuve-et-Labrador

Sommaire

Les terres agricoles, dont 26 p. 100 sont cultivées, 35 p. 100 sont des pâturages et le reste tombe dans la catégorie *toutes les autres terres*, représentent seulement 0,1 p. 100 de la superficie totale de Terre-Neuve-et-Labrador (tableau 24.10-1). Les principaux extrants agricoles sont les produits laitiers, suivis par la volaille et les œufs. Terre-Neuve-et-Labrador a vu une augmentation de la superficie agricole depuis 1981, ainsi qu'une plus grande utilisation des méthodes classiques de travail du sol. Cette intensification des labours pourrait expliquer le plus grand risque d'érosion et la réduction du carbone dans le sol. La couverture des sols s'est accrue entre 1981 et 2006, et le faible risque de contamination du sol par les éléments traces indique que les terres agricoles sont en meilleur état. Le risque de contamination de l'eau par les pesticides est en baisse, mais le risque de contamination de l'eau par l'azote, le phosphore et les coliformes s'est aggravé depuis 1981. La faible population d'animaux d'élevage à Terre-Neuve-et-Labrador ait fait baisser les émissions d'ammoniac; les émissions de gaz à effet de serre d'origine agricole ont néanmoins augmenté dans les provinces de l'Atlantique entre 1981 et 2006.

TABLEAU 24.10-1 Sommaire des statisuqes d'agriculture à Terre-Neuve-et-Labrador, 2006

Données sur les terres (hectare (ha))	
Superficie totale	40,5 millions ha
Superficie totale des terres	37,4 millions ha
Superficie totale des terres agricoles	36 000 ha
Terres cultivées	26 %
Terres de pâturage	35 %
Terres utilisées à d'autres fins	39 %
Superficie agricole moyenne	65 ha
Caractéristiques des fermes	
Nombre total de fermes	558
Nombre total de familles	360
Nombre total d'exploitants	710
Âge moyen des exploitants	52
Principaux extrants agricoles	
Produits laitiers	39 millions $
Volaille et œufs	12 millions $
Produits floraux et de pépinière	8 millions $
Légumes	3 millions $
Bovines et veaux	2 millions $
Cheptel (nombre d'animaux)	
Volaille	1,6 million
Bovins et veaux	12 000
Porcs et porcelets	2 000
Vaches laitières	6 000
Revenu agricole	
Revenu monétaire net	4 millions $
Revenu monétaire total	95 millions $
Dépenses d'exploitation totales	91 millions $
Répartition des fermes par catégorie de revenu	
Moins de 10 000 $	37 %
Entre 10 000 $ et 49 000 $	30 %
Entre 50 000 $ et 100 000 $	9 %
Plus de 100 000 $	24 %
Industrie des aliments et boissons	
Nombre total d'établissements	117
Valeur totale des livraisons	s.o.
Transformation des aliments	734 millions $
Produits de la mer	70 %
Autres aliments	30 %
Boissons	s.o.
Statistiques sur le commerce international	
Balance commerciale	-13 millions $
Exportations	
Total des exportations agricoles	4 millions $
Produits en vrac	0 %
Produits intermédiaires	41 %
Produits de consommation	59 %
Principaux marchés d'exportation	
États-Unis	1 792 000 $
Danemark	583 000 $
France	314 000 $
Saint-Pierre-et-Miquelon	291 000 $
Allemagne	231 000 $
Importations	
Total des importations agricoles	16 millions $
Produits en vrac	0 %
Produits intermédiaires	1 %
Produits de consommation	99 %

Gestion des terres agricoles

L'UTILISATION DES TERRES AGRICOLES (Chapitre 4)

La superficie agricole totale a augmenté de 3 000 hectares entre 1981 et 2006 (figure 24.10-1). La superficie cultivée a doublé, les pâturages ont reculé, et toutes les autres terres ont augmenté (tableau 4-1). Les fourrages sont restés la culture dominante tout au long de la période. La proportion des terres cultivées en céréales, en oléagineux et en légumineuses n'a jamais dépassé 1 p. 100 en 25 ans. Ce pourcentage a diminué pour la pomme de terre, mais augmenté pour le maïs et les autres cultures (tableau 4-2). Terre-Neuve-et-Labrador était la seule province où la proportion des terres cultivées selon les méthodes classiques de travail du sol a augmenté, tandis que la superficie cultivée selon les méthodes de conservation et sans travail du sol s'est contractée (tableau 4-3). Les populations bovine et avicole ont grossi, les porcs ont presque disparu, et le nombre de moutons, de chèvres et de chevaux a baissé (tableau 4-4).

Terres agricoles en pourcentage de la superficie des polygones des PPC

FIGURE 24.10-1 Proportion des terres agricoles à Terre-Neuve-et-Labrador, 2006.

LA GESTION AGROENVIRONNEMENTALE (Chapitre 5)

Quarante pour cent (40 p. 100) des producteurs des provinces de l'Atlantique avaient élaboré une planification environnementale à la ferme et une autre tranche de 10 p. 100 était en train de le faire en 2006 (Statistique Canada, 2007). Dans la région de l'Atlantique, 43 p. 100 des producteurs maintenaient une distance de séparation par rapport aux voies d'eau et 20 p. 100 maintenaient une distance de séparation autour des terres humides permanentes. Dans les provinces de l'Atlantique, 4 p. 100 des producteurs injectaient du fumier liquide directement dans le sol, 43 p. 100 l'appliquaient à la volée puis l'incorporaient, et 48 p. 100 l'appliquaient à la volée mais sans l'incorporer; il y avait donc matière à amélioration. Toujours dans les provinces de l'Atlantique, 23 p. 100 des animaux d'élevage en pâturage n'avaient pas accès aux eaux de surface en 2006, et 24 p. 100 jouissaient d'un accès limité, pratique qui aidait à réduire le risque de contamination de l'eau par les éléments nutritifs et les coliformes.

COUVERTURE DES SOLS (Chapitre 6)

Le nombre de jours de sol couvert à Terre-Neuve-et-Labrador a connu une hausse globale de 8 p. 100 entre 1981 et 2006. Les changements survenus entre les années de recensement étaient toutefois irréguliers (tableau 6-1). Les facteurs qui ont contribué à la variation du degré de couverture des sols à Terre-Neuve-et-Labrador sont difficiles à évaluer en raison de la faiblesse relative du nombre d'exploitations agricoles et de la superficie cultivée, et des fluctuations dans les superficies recensées. Par exemple, la superficie agricole totale a baissé après avoir augmenté entre 1981 et 1991, tandis que les terres cultivées de la province sont en augmentation constante depuis 1981. La proportion de terres cultivées conformément aux pratiques de conservation et sans travail du sol a chuté entre 1991 et 1996 puis augmenté en 2001 avant de redescendre en 2006. La progression des cultures de maïs à ensilage et de pépinière enregistrée entre 1981 et 2006 a toutefois réduit le degré de couverture des sols, tandis que la contraction de la superficie cultivée en pommes de terre et en légumes et la progression des cultures vivaces et céréalières ont fait augmenter le nombre de jours de sol couvert. En 2006, 23 p. 100 des terres agricoles de Terre-Neuve-et-Labrador se classaient dans la catégorie très élevée de couverture des sols et 63 p. 100, dans la catégorie élevée (tableau 6-2). Les terres des catégories faible et modérée sont regroupées dans la presqu'île Avalon, où l'on cultive le maïs à ensilage et les céréales.

L'HABITAT FAUNIQUE (Chapitre 7)

En 2006, la capacité d'habitat faunique pour la reproduction et l'alimentation (CH_{ra}) moyenne à l'échelle de la province était modérée, avec 64 p. 100 des terres agricoles dans la catégorie modérée (tableau 7-1). La CH_{ra} a baissé sur 64 p. 100 des terres agricoles depuis 1986 (tableau 7-2). Ces changements ont entraîné un mouvement important des terres à capacité élevée ou très élevée vers la catégorie modérée, ce qui a ramené la CH_{ra} provinciale globale d'un niveau élevé en 1986 à un niveau modéré en 2006.

Les terres agricoles occupent un pourcentage relativement faible de la superficie totale de Terre-Neuve-et-Labrador et leur influence sur la faune doit être considérée comme une composante mineure du paysage global. Sur les terres agricoles, la principale cause du recul de la CH_{ra} était la diminution du pourcentage d'habitats naturels et semi-naturels en faveur des types de couverture ayant moins de valeur pour la faune, particulièrement le foin cultivé, dont la proportion s'est accrue entre 1981 et 2006.

En 2006, la capacité d'habitat faunique pour l'hibernation (CH_h) à l'échelle de la province était élevée, avec 88 p. 100 des terres agricoles dans les catégories élevée et très élevée et aucune terre dans les catégories faible et très faible (tableau 7-3). La grande CH_h de Terre-Neuve-et-Labrador était principalement attribuable au pourcentage relativement élevé de toutes les autres terres et de pâturages non améliorés.

Santé du sol

ÉROSION DU SOL (Chapitre 8)

Les tendances de l'érosion du sol à Terre-Neuve-et-Labrador sont difficiles à interpréter étant donné la faible superficie des terres cultivées. Le pourcentage de terres à très faible risque d'érosion, qui était de 46 p. 100 en 1981, a baissé à 40 p. 100 en 2006, une proportion considérable de la superficie cultivée se classant dans les catégories de risque plus élevé (Figure 24.10-2. tableau 8-1).

FIGURE 24.10-2 Risque d'érosion du sol des terres cultivées à Terre-Neuve-et-Labrador selon les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

MATIÈRE ORGANIQUE DU SOL (Chapitre 9)

La quantité de carbone organique du sol (COS) a surtout diminué entre 1981 et 2006 mais la superficie où le taux a beaucoup baissé s'est accrue (figure 24.10-3, tableau 9-1). La réduction moyenne du COS est passée de -90 kg ha^{-1} an^{-1} en 1981 à -161 kg ha-1 an-1 en 2006 (tableau 9-2). Cette baisse était due en grande partie au déboisement. Cependant, comme beaucoup de sols viennent d'être déboisés, leur teneur en carbone organique relatif (COR) est relativement élevée (valeur moyenne de 0,86 en 2006). La réduction plutôt substantielle du COS est donc moins préoccupante que dans les autres provinces de l'Atlantique, où la teneur en COR est souvent beaucoup plus faible. La perte de COS est quand même inquiétante, particulièrement dans les terres en pente sujettes à l'érosion. Au total, 17 p. 100 des sols combinent une teneur faible ou très faible en COR à une réduction du COS (tableau 9-4).

FIGURE 24.10-3 Indicateur de changement du carbone organique du sol (kg ha-1 an-1) à Terre-Neuve-et-Labrador, 2006.

ÉLÉMENTS TRACES (Chapitre 10)

Il semble y avoir eu une certaine amélioration du risque de contamination par les ET à Terre-Neuve-et-Labrador entre 1981 et 2006. Le pourcentage de terres dans la catégorie de risque faible est passé de 56 p. 100 à 67 p. 100, tandis que le pourcentage est descendu de 12 p. 100 à 5 p. 100 dans la

catégorie de risque élevé et de 11 p. 100 à 6 p. 100 dans la catégorie de risque très élevé (tableau 10-1).

Selon les populations, la superficie cultivée et les pratiques en vigueur en 2006, les concentrations d'ET devraient augmenter d'au moins 30 p. 100 par rapport aux niveaux de base actuels sur 57 p. 100 des terres agricoles de Terre-Neuve-et-Labrador (tableau 10-2). Entre 1981 et 2006, le pourcentage de terres agricoles où cette augmentation devrait atteindre entre 30 p. 100 et 50 p. 100 est passé de 57 p. 100 à 47 p. 100, tandis que le pourcentage de terres qui devraient connaître des augmentations de 50 p. 100 à 100 p. 100 a été ramené de 25 p. 100 à 9 p. 100. Durant cette période, la population humaine et de vaches laitières de Terre-Neuve-et-Labrador a augmenté, tandis que le nombre de bovins à viande, de porcs et de poulets à griller a diminué (tableau 10-5).

Qualité de l'eau

AZOTE (Chapitre 12)

12.1 Azote résiduel dans le sol (ARS)

En 2006, 14 p. 100 des terres agricoles de Terre-Neuve-et-Labrador se classaient dans la catégorie d'ARS très faible et 53 p. 100, dans la catégorie très élevée (tableau 12.1-1). Ceci représente une migration importante vers les catégories plus élevées par rapport à 1981, année où 42 p. 100 des terres se retrouvaient dans la catégorie très faible et 17 p. 100, dans la catégorie très élevée.

À Terre-Neuve-et-Labrador, les apports d'azote ont doublé en 25 ans, passant de 50,7 kg N ha^{-1} en 1981 à 100,7 kg N ha^{-1} en 2006. Cette hausse était attribuable à une plus grande utilisation des engrais et du fumier, ainsi qu'à la multiplication par un facteur de 2,7 de la quantité d'azote fixée par les cultures légumineuses (tableau 12.1-2).

12.2 Indicateur du risque de contamination de l'eau par l'azote (IRCE-N)

Le risque de contamination de l'eau par l'azote a généralement augmenté entre 1981 et 2006. Le pourcentage de terres agricoles dans les catégories de risque élevé et très élevé est parti de 27 p. 100 en 1981, a culminé à 87 p. 100 en 2001 et est retombé à 75 p. 100 en 2006 (figure 24.10-4, tableau 12.2-2).

À Terre-Neuve-et-Labrador, le drainage hivernal moyen était de 414 mm (tableau 12.2-3), tandis que la teneur en eau du sol au printemps approchait toujours de la capacité au champ. La hausse des pertes d'azote hivernales (figure 12.2-4) et des concentrations de nitrates (de 4,0 mg N L^{-1} à 7,8 mg N L^{-1}) était principalement attribuable au fait que les quantités d'ARS ont plus que doublé.

FIGURE 24.10-4 Risque de contamination de l'eau par l'azote sur les terres agricoles à Terre-Neuve-et-Labrador les pratiques de gestion en vigueur en 2006.

PHOSPHORE (Chapitre 13)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par le phosphore (IRCE-P)

La province de Terre-Neuve-et-Labrador se caractérise par l'absence de bassins versants constitués à plus de 5 p. 100 de terres agricoles (figure 13-1). Il reste que 74 p. 100 des terres agricoles se rangeaient dans la catégorie de risque très élevé de contamination à la source (figure 13-6), principalement en raison de la quantité relativement élevée de P provenant de l'épandage du fumier (~20 kg P ha^{-1}). Il est à noter que le P provenant du fumier et des engrais minéraux a diminué de 22 p. 100 depuis 1996.

COLIFORMES (Chapitre 14)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les coliformes (IRCE-Coliformes)

La province de Terre-Neuve-et-Labrador se caractérise par l'absence de bassins versants constitués à plus de 5 p. 100 de terres agricoles (figure 14-2). Le risque associé à la source de coliformes sur cette superficie agricole relativement limitée a néanmoins augmenté de deux catégories (figure 14-7), car les pâturages ont diminué et la population de vaches laitières a doublé en 25 ans (1981-2006).

PESTICIDES (Chapitre 15)

Indicateur du risque de contamination de l'eau par les pesticides (IROWC-Pesticides)

C'est à Terre-Neuve-et-Labrador qu'on trouve le plus petit territoire agricole et la plus faible quantité de pesticides appliquée au Canada (figure 15-3). Le risque de contamination de l'eau a généralement baissé entre 1981 et 2006, la plupart des terres cultivées se classant dans la catégorie de risque très faible. En 2006, seulement 1 p. 100 des terres cultivées se classaient dans la catégorie de risque élevé (tableau 15-2). Terre-Neuve-et-Labrador a connu peu de mouvement entre les catégories de risque et certaines régions ont été reclassées dans une catégorie de risque plus faible (figure 15-5).

Qualité de l'air et gaz à effet de serre

GAZ À EFFET DE SERRE (Chapitre 16)

La production agricole dans chacune des provinces de l'Atlantique est faible en comparaison avec le reste du Canada. Il a donc été décidé de regrouper Terre-Neuve-et-Labrador, l'Île-du-Prince-Édouard, la Nouvelle-Écosse et le Nouveau-Brunswick et de présenter leurs émissions de GES d'origine agricole comme s'il s'agissait d'une seule région. Les émissions nettes de GES dans les provinces de l'Atlantique ont connu une légère hausse, passant de 1,4 Mt CO_2e en 1981 à 1,6 Mt CO_2e en 2006 (figure 24.10-5, tableau 16-1). La réduction de la population de vaches laitières et de bovins à viande a entraîné une petite diminution des émissions de CH_4 (de 0,7 Mt CO_2e à 0,6 Mt CO_2e). Bien que l'apport en azote du fumier ait également baissé, une plus grande utilisation des engrais azotés et l'augmentation de l'azote provenant des résidus de culture ont aidé à stabiliser les émissions de N_2O autour de 0,7 Mt CO_2e. Dans les provinces de l'Atlantique comme au Québec, la conversion des cultures vivaces en cultures annuelles a entraîné une hausse des émissions de CO_2, qui sont passées de 0,1 Mt CO_2 à 0,2 Mt CO_2.

AMMONIAC (Chapitre 17)

Terre-Neuve-et-Labrador émet très peu d'ammoniac par rapport au reste du Canada. Soixante-deux pour cent (62 p. 100) des émissions provinciales sont générées par les vaches laitières, 17 p. 100 par la volaille et 11 p. 100 par les bovins à viande (tableau 17-2). Les émissions auraient baissé de presque 19 p. 100 entre 2001 et 2006; ces estimations sont toutefois sujettes à erreur étant donné l'importance limitée de l'agriculture à Terre-Neuve-et-Labrador (figure 24.10-6, tableau 17-1).

FIGURE 24.10-5 Émissions nettes de gaz à effet de serre d'origine agricole à Terre-Neuve-et-Labrador, 2006.

FIGURE 24.10-6 Émissions totales de NH_3 provenant du bétail et des engrais par hectare de terres agricoles à Terre-Neuve-et-Labrador en 2006.

25 Glossaire

Agent de réfrigération : Fluide dans un système de réfrigération qui refroidit en passant de l'état liquide à l'état gazeux et retourne à l'état liquide.

Agriculture durable : Système de production agricole intégré qui, à long terme, satisfait les besoins en aliments et en fibres, améliore la qualité de l'environnement, utilise les ressources le plus efficacement possible, soutient la viabilité économique des exploitations agricoles et améliore la qualité de vie.

Agroécosystème : Espèces et écosystèmes soumis à une gestion agricole; système ouvert et dynamique relié à d'autres écosystèmes par le flux d'énergie et le transfert de matières comme les cultures, les végétaux de pâturage, le bétail, d'autres espèces de la flore et de la faune, l'air, le sol et l'eau.

Aménagement de terrasses : Technique de conservation du sol et de l'eau consistant à aménager des espaces surélevés et nivelés ayant au moins un des côtés qui est supporté par une paroi ou un talus.

Ammoniac : Composé d'azote et d'hydrogène (NH_3) qui se forme naturellement quand des bactéries décomposent des matières contenant de l'azote, spécialement l'urée et l'acide urique dans le fumier. Les émissions d'ammoniac peuvent causer des problèmes dans les installations à bétail closes et peuvent réagir avec d'autres composés pour produire des particules en suspension dans l'air ambiant. L'ammoniac entre dans la composition de certains engrais chimiques et constitue un élément nutritif important pour les plantes. Il peut également être utilisé comme réfrigérant dans les industries de transformation des aliments et des boissons.

Anaérobique : Caractérisé par l'absence d'oxygène.

Analyse du cycle de vie : Technique visant à évaluer les aspects environnementaux et les impacts potentiels associés à un produit, un processus ou un service : en dressant un inventaire des intrants énergétiques et matériels pertinents et des rejets dans l'environnement; en évaluant les impacts environnementaux potentiels associés aux intrants et aux rejets identifiés; en interprétant les résultats pour être en mesure de prendre une décision plus éclairée.

Anthropique : Relatif à l'impact des êtres humains sur la nature; produit ou altéré par la présence ou les activités humaines.

Application en bandes latérales : Application d'engrais en rangée adjacente à la semence mais sans contact direct avec elle.

Atténuation : Réduction.

Azote (N) : Élément chimique présent dans la plupart des substances organiques naturelles. C'est également un élément nutritif important pour les cultures et, sous des formes solubles comme des nitrates, un polluant de l'eau; forme aussi de l'oxyde nitreux.

Bassin hydrographique : Territoire qui alimente une étendue d'eau. Territoire qui draine l'eau, les matières organiques, les sédiments et les éléments nutritifs dissous vers un lac ou un cours d'eau: la limite topographique est habituellement une ligne de crête qui marque la ligne de partage des eaux à partir de laquelle les cours d'eau de surface coulent dans deux directions différentes.

Biocombustible : Combustible gazeux, liquide ou solide dérivé d'une source biologique, comme l'éthanol, l'huile de colza ou l'huile de foie de poisson.

Biodiversité : Diversité des formes de vie sur la Terre et processus naturels qui les relient et les soutiennent. La biodiversité est formée de trois composantes : la diversité des écosystèmes, la diversité des espèces et la diversité génétique. Aussi appelée diversité biologique.

Biofiltre : Filtre composé de matières biologiques qui sert à capturer des polluants et à en assurer la biodégradation.

Biogaz : Gaz produit par décomposition biologique de la matière organique en l'absence d'oxygène. Souvent capté et utilisé comme source d'énergie.

Biomasse : Masse totale d'une espèce ou d'un groupe d'espèces par unité de surface ou encore, masse totale de toutes les espèces d'une communauté.

Bioplastiques : Plastiques biodégradables faits à partir de ressources naturelles comme l'amidon, la cellulose et les protéines.

Biorestauration : Processus de restauration d'un milieu naturel par l'utilisation d'organismes vivants (plantes ou bactéries).

Biosolides : Résidus semblable à de la terre, qui sont produits durant le processus de traitement des eaux usées. Durant le traitement, les bactéries et autres organismes décomposent les déchets en matière organique plus simple qui, combinée à la masse de cellules bactériennes, se dépose sous forme de biosolides.

Biote : Tous les organismes vivants observés à un endroit ou à un moment donnés.

Biotechnologie : En agriculture, désigne la science du génie génétique et les méthodes connexes qui servent à produire de nouvelles variétés végétales ou animales ayant des caractères supérieurs.

Boues : Matières solides en suspension accumulées après leur séparation de divers types d'eau ou d'eaux usées, par des procédés naturels ou artificiels.

Brise-vent : Barrière d'arbres, de buissons ou d'autres végétaux vivaces aménagés pour réduire l'érosion éolienne. Aussi appelé coupe-vent.

Cadre stratégique pour l'agriculture (CSA) : Entente conclue entre le gouvernement du Canada et les gouvernements provinciaux et territoriaux sur un plan d'action visant l'élaboration d'un cadre stratégique pour l'agriculture composé de cinq éléments : salubrité et qualité des aliments, environnement, science et innovation, renouveau et gestion des risques de l'entreprise. La politique a été en vigueur de 2003 à 2008.

Carbone (C) : Élément présent dans toutes les matières d'origine biologique.

Charrue à socs et versoirs : Instrument de travail du sol avec inversion partielle ou complète du sol.

Combustible fossile : Vestiges carboniques de matières organiques qui ont été transformées géologiquement en charbon, en pétrole ou en gaz naturel. La combustion de ces substances dégage de grandes quantités d'énergie. Les combustibles fossiles comblent une grande partie des besoins en énergie de l'humanité.

Compostage : Décomposition biologique contrôlée d'un mélange de résidus organiques contenant souvent de la terre, qui est gardé en tas et humidifié périodiquement.

Coupe-vent : Barrière qui abrite du vent. Aussi appelé *brise-vent*.

Couverture végétale permanente : Culture vivace qui fournit une protection végétale pour le sol pendant toute l'année. Dans certains cas, peut être obtenue par la culture successive de plantes annuelles ou bisannuelles.

Couvre-sol d'hiver : Culture semée à l'automne afin de fournir un couvert végétal et ainsi réduire l'érosion durant l'hiver et au printemps.

Crédit compensatoire : Paiement ou crédit accordé en échange d'une réduction ou d'une élimination vérifiée des émissions de gaz à effet de serre par des projets admissibles.

Crédit compensatoire pour les gaz à effet de serre : Paiement ou crédit accordé en échange d'une réduction ou d'une élimination vérifiée des émissions de gaz à effet de serre par des projets admissibles.

Culture continue : Pratique consistant à cultiver chaque saison, sans laisser d'année de jachère, ou à cultiver la même espèce végétale sur la même terre d'une année à l'autre.

Culture couvre-sol : Culture secondaire effectuée après une première récolte ou entre les rangées de la culture principale pour donner au sol une couverture de protection en vue de restreindre l'érosion et la lixiviation des éléments nutritifs.

Culture en bandes alternantes : Méthode de contrôle de l'érosion qui consiste à planter en alternance des bandes de cultures nécessitant différents types de travail du sol, par exemple une culture en rang avec un pâturage ou une culture annuelle avec une jachère, tout en suivant les courbes de niveau.

Culture en courbes de niveau : Culture effectuée dans le sens des courbes de niveau, plutôt que dans le sens de la pente dans le but de réduire l'érosion du sol, d'en protéger la fertilité et d'utiliser l'eau plus efficacement.

Culture en rangs : Système de production dans lequel les plantes sont cultivées en bandes très espacées et qui peut nécessiter un labour entre les rangs pour le contrôle des mauvaises herbes ou le rechaussage pour la protection des racines. Les cultures en rangs typiques comprennent la pomme de terre, le tabac, les légumes, les haricots, la betterave à sucre et le maïs. Implique normalement une productivité élevée par unité de surface.

Culture sans travail du sol : Mode de culture dans lequel les végétaux sont plantés directement dans le sol au moyen d'un semoir spécial, sans que la terre ait été soumise à un travail primaire ou secondaire après la récolte précédente.

Culture sèche : Type d'agriculture qui compte exclusivement sur les précipitations naturelles et l'humidité du sol pour l'arrosage des plantes (pas d'irrigation).

Cyanobactéries : Aussi appelées *algues bleues*, ces bactéries sont souvent associées aux proliférations d'algues en milieu aquatique.

Décomposition : Dégradation de matières organiques complexes en éléments plus simples par des micro-organismes.

Dénitrification : Processus chimique dans lequel les nitrates du sol sont réduits en azote moléculaire, qui est rejeté dans l'atmosphère.

Digesteur anaérobie : Installation ou enceinte de confinement où des micro-organismes décomposent des matières biodégradables en l'absence d'oxygène. Souvent utilisé pour traiter des eaux usées, réduire les émissions de GES dans l'atmosphère, capturer le méthane et le convertir en source d'énergie.

Dioxyde de carbone (CO_2) : Important gaz à effet de serre produit par la décomposition de la matière organique des sols dans des conditions d'oxydation, ainsi que par la combustion des combustibles fossiles.

Drainage : Technique visant à améliorer la productivité des terres agricoles en enlevant l'excès d'eau du sol par des moyens comme des tranchées, des puits de drainage et des tuyaux d'argile souterrains.

Durabilité de l'environnement : Approche de gestion qui cherche à protéger les ressources naturelles et à en assurer l'accessibilité aux générations futures. Cette approche insiste sur l'importance de conserver l'intégrité écologique pour maintenir les systèmes de soutien de la vie sur la Terre.

Eaux souterraines : Partie de l'eau située sous la surface du sol, dont la limite supérieure forme ce qu'on appelle la surface de la nappe phréatique. Ces eaux alimentent les puits et les sources.

Échelle temporelle : Durée ou période de temps.

Écodistrict : Subdivision d'une écorégion caractérisée par un assemblage distinct de topographies, de formes de terrain, de caractéristiques géologiques, de sols, de végétation, de masses d'eau et de faune. Voir *écorégion*.

Écoefficacité : Processus servant à produire des biens et des services de plus grande valeur ou en plus grande quantité en utilisant moins d'intrants (matière première, énergie, etc.), et donc de réduire le plus possible les impacts environnementaux.

Écorégion : Unité cartographique du système de classification écologique du Canada. Subdivision d'une unité de classification écologique plus grande caractérisée par des facteurs régionaux distinctifs, notamment le climat, la géographie physique, la végétation, le sol, l'eau et la faune.

Écoservices ou services écosystémiques : Services fournis par des systèmes naturels qui bénéficient à la société. Des exemples de services écologiques sont le cycle des substances nutritives, la purification de l'air et de l'eau, la pollinisation des cultures et le contrôle du climat.

Écosystème : Unité de terrain ou d'eau composée de populations d'organismes, pris en considération dans leur ensemble, avec leur environnement physique et les processus qui les relient.

Écoulement préférentiel : Processus par lequel l'eau, les substances solubles et les composés tels que le phosphore sous forme de particules et les coliformes fécaux se déplacent à travers les macropores des sols vers les drains et la surface des nappes phréatiques.

Écozone : La plus grande unité cartographique du système de classification écologique du Canada. Une écozone est une région de la surface terrestre représentative de grandes unités générales caractérisées par des facteurs abiotiques et biotiques en interaction et en adaptation constantes. L'agriculture se pratique dans sept des 15 écozones du Canada.

Effluent : Tout déchet liquide ou gazeux rejeté par un système dans l'environnement ou dans un système collecteur (par ex., collecte d'eaux usées).

Élément nutritif : Substance dont un organisme vivant a besoin pour sa croissance et son développement. L'azote, le phosphore et le potassium sont les principaux éléments nutritifs des cultures.

Élément trace : Substance chimique essentielle à la vie des plantes ou des animaux, mais en quantité minime, c'est-à-dire moins de 1 ppm dans les plantes.

Encéphalite spongiforme bovine : Couramment appelée « maladie de la vache folle », l'encéphalite spongiforme bovine (ESB) est une maladie évolutive et incurable qui affecte le système nerveux central du bétail.

Engrais : Toute matière organique ou inorganique, naturelle ou synthétique, utilisée pour fournir des éléments (comme l'azote, le phosphore et le potassium) essentiels à la croissance des plantes.

Engrais liquide en bandes : Engrais liquide épandu en bandes, habituellement sur un lit ou une rangée de semis.

Entérobactérie : Groupe de bactéries qui vivent dans l'intestin des humains et des autres animaux.

Épandage en bandes latérales : Engrais ou autre matière ajouté au sol autour d'une culture en croissance.

Équivalents de dioxyde de carbone (CO_2éq) : Efficacité d'un gaz à produire un effet de serre dans l'atmosphère, exprimé de façon comparative par rapport au dioxyde de carbone.

Érodabilité : Vulnérabilité d'un sol à l'érosion.

Érosivité : Mesure de la capacité prévisible de l'eau, du vent, du travail du sol ou d'autres agents de causer de l'érosion.

Espèce étrangère envahissante : Espèce (plante, animal ou micro-organisme) étrangère (non indigène) dont l'introduction nuit ou nuira probablement à l'économie, à l'environnement et à la santé humaine.

Espèce indigène : Espèce connue pour avoir existé dans une localité avant l'influence humaine, ce qui peut inclure des espèces étrangères établies depuis très longtemps.

Éthanol : Liquide produit par un procédé chimique à partir d'éthylène ou par un procédé biologique par fermentation de divers sucres provenant de cultures agricoles et de résidus de cellulose provenant de cultures ou du bois. Selon le mode de production, l'éthanol peut être utilisé comme substitut à l'essence et ainsi réduire les émissions de gaz à effet de serre. Également connu sous le nom d'alcool éthylique.

Eutrophisation : Processus par lequel une masse d'eau acquiert une concentration élevée d'éléments nutritifs fertilisants, particulièrement des nitrates et des phosphates. Cet enrichissement favorise la croissance excessive des algues, qui peut entraîner une diminution de l'oxygène dissous et tuer les organismes aquatiques comme les poissons.

Évapotranspiration : Transfert de l'eau vers l'atmosphère par l'évaporation qui se produit à la surface de la terre et par la transpiration des plantes.

Extrants énergétiques : Quantité d'énergie intégrée aux produits agricoles qui sont utilisés ou consommés par les êtres humains.

Facteur d'émission : Estimation ou moyenne statistique du taux auquel un contaminant est rejeté dans l'atmosphère en raison d'une activité (par ex., agriculture, combustion de carburant), divisée par le niveau de cette activité. Une simple multiplication d'un facteur d'émission donné avec le niveau d'une activité nous donne une estimation de l'émission réelle.

Facteurs de connectivité : Valeurs utilisées dans le calcul de l'IRCE-P et de l'IRCE-Coliformes qui représentent les voies d'accès traversant les terres par lesquelles le phosphore et les coliformes peuvent se rendre jusqu'aux plans d'eau.

Faune : Tous les organismes non domestiqués qui vivent dans la nature, particulièrement les animaux.

Fermentation : Réaction biochimique qui décompose des substances organiques complexes, spécialement des glucides, en matières plus simples (éthanol, dioxyde de carbone, eau), et qui se produit d'habitude en l'absence d'oxygène.

Fourrage : Herbes ou légumineuses cultivées pour nourrir les animaux d'élevage; le fourrage peut être entreposé à l'état sec sous forme de foin ou à l'état humide sous forme d'ensilage, incorporé dans le sol par labourage (engrais vert) ou brouté.

Fumigant : Toute substance antiparasitaire qui se présente sous forme de vapeur ou de gaz, ou qui en forme au moment de l'application.

Gaz à effet de serre : Les gaz à effet de serre absorbent et retiennent la chaleur dans l'atmosphère et ont un effet de réchauffement sur la Terre. Certains existent naturellement dans l'atmosphère, tandis que d'autres sont le résultat d'activités humaines. Parmi les gaz à effet de serre, on compte le dioxyde de carbone, la vapeur d'eau, le méthane, l'oxyde nitreux, l'ozone, les chlorofluorocarbures, les hydrofluorocarbures et les perfluorocarbures.

Gestion agroenvironnementale : Gestion d'une exploitation agricole en vue d'en assurer la durabilité écologique. *Voir pratiques de gestion bénéfiques.*

Habitat faunique : Partie d'un environnement naturel dont dépend un organisme vivant pour sa survie.

Indicateur agroenvironnemental : Mesure d'un paramètre, d'un risque ou d'un changement important de l'environnement attribuable à l'agriculture ou à des pratiques de gestion utilisées par les producteurs.

Injection d'engrais : Placement d'engrais sous la surface du sol pour réduire les pertes d'éléments nutritifs par volatilisation et ruissellement.

Inorganique : Relatif à un composé qui n'est pas organique, habituellement d'origine minérale.

Intrants énergétiques : Quantité d'énergie non renouvelable (excluant l'énergie solaire) utilisée dans les systèmes agricoles, par exemple pour faire fonctionner les véhicules motorisés et les machines agricoles, pour fabriquer de l'équipement et des produits chimiques (p. ex., engrais et pesticides) et pour assurer le maintien des fermes.

Irrigation : Arrosage artificiel des cultures par diverses méthodes.

Jachères : Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le Recensement de l'agriculture et terme général désignant les terres cultivables qui sont laissées au repos pendant au moins un an, surtout afin de conserver l'humidité du sol, mais qui sont néanmoins gérées pour contrôler les mauvaises herbes (par pulvérisation ou par travail du sol).

Légumineuses à graines : Légumineuses qui produisent des graines comestibles, comme les haricots, les pois et les lentilles.

Lessivage : Processus par lequel des substances solubles sont dissoutes et transportées à travers le sol par l'eau de percolation.

Lutte intégrée : Processus décisionnel faisant appel à toutes les techniques nécessaires pour supprimer les ennemis des cultures de manière efficace, économique et respectueuse de l'environnement. Stratégie écologique qui s'appuie sur les facteurs de mortalité naturels, comme les ennemis naturels, le climat et la gestion des cultures; la lutte intégrée ou LI consiste à appliquer des mesures de répression qui nuisent le moins possible à ces facteurs.

Matière organique du sol : Matériau constitutif du sol contenant du carbone, qui provient d'organismes vivants.

Matrice du sol : Principal matériau constitutif du sol qui englobe d'autres caractéristiques du sol. Par exemple, concrétions formées dans une matrice à grains fins.

Méthane (CH_4) : Gaz produit par la décomposition anaérobique des déchets des sites d'enfouissement, par la digestion animale, par la décomposition des déjections animales, par la production et la distribution du pétrole et du gaz naturel, par la production du charbon et par la combustion incomplète du mazout. Ce gaz est un des trois principaux gaz à effet de serre d'origine agricole (avec le CO_2 et le N_2O).

Microclimat : Climat d'une petite zone découlant d'une modification du climat général par des différences locales d'altitude ou d'exposition aux éléments.

Milieu humide : Territoire inondé par des eaux de surface ou des eaux souterraines. Selon le Système de classification des terres humides du Canada, les milieux humides se divisent en cinq catégories : les bogs, les fens, les marais, les marécages et les eaux peu profondes.

Modèles biophysiques : Modèles représentant l'interaction de systèmes biologiques avec leur environnement physique.

Modélisation intégrée : Approche interdisciplinaire combinant des modèles scientifiques d'intervention agricole avec des modèles économiques afin de fournir une analyse économique et environnementale pour l'élaboration et l'évaluation des politiques.

Nutraceutique : Produit alimentaire classique qui a été modifié (potentiellement par génie génétique) en vue d'améliorer ses caractéristiques nutritionnelles et/ou ses propriétés pharmaceutiques.

Oxyde nitreux (N2O) : Puissant gaz à effet de serre dont les émissions naturelles sont augmentées par certaines activités humaines comme l'utilisation d'engrais azotés, la décomposition de résidus de culture, la culture de sols organiques, ainsi que l'entreposage et l'épandage de fumier sur les terres agricoles. Ce gaz est un des trois principaux gaz à effet de serre d'origine agricole (avec le CO_2 et le CH_4).

Ozone : Gaz d'origine naturelle constitué d'oxygène normal. Dans la haute atmosphère, l'ozone protège la Terre en filtrant le rayonnement ultraviolet du soleil.

Ennemi des cultures : Organisme (plante ou animal) qui est directement ou indirectement nuisible à la production agricole.

Particules : Polluants atmosphériques composés de minuscules particules liquides ou solides temporairement suspendues dans l'atmosphère (poussière, pollen, spores, fumée, composés organiques).

Particules en suspension : Petites particules de polluants solides en suspension dans les eaux usées qui contribuent à la turbidité.

Pathogène : Agent qui cause des maladies.

Pathogène : Agent biologique qui peut provoquer une maladie chez son hôte.

Pâturage cultivé : Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui indique un pâturage qui a été amélioré par des moyens comme le travail de la terre, le drainage, l'irrigation, la fertilisation, l'ensemencement ou des pulvérisations. On dit aussi *pâturage bonifié*.

Pédo-paysages du Canada : Série nationale de cartes pédologiques à grande échelle (1:1 million) contenant de l'information à propos des propriétés et du relief des sols.

Pesticide : Substance, habituellement un produit chimique, servant à l'élimination ou à la répression des ennemis des cultures. Les pesticides comprennent les herbicides, les insecticides, les fongicides, les nématicides, les rodenticides et les miticides.

pH : Exprime l'intensité de la condition acide ou basique d'un liquide ou d'un sol, généralement exprimée sur une échelle de 0 à 14, où les valeurs inférieures à 7 dénotent une condition acide, 7 est neutre et les valeurs au-dessus de 7 dénotent une condition alcaline.

Phosphore (P) : Élément chimique essentiel pour tous les organismes vivants et élément nutritif important pour les cultures. Au dessus d'une certaine concentration dans les eaux de surface, le phosphore peut être responsable du phénomène d'eutrophisation.

Photosynthèse : Processus par lequel les plantes transforment le dioxyde de carbone et l'eau en glucides et en d'autres composés en faisant appel à l'énergie solaire captée par leur chlorophylle.

Phytase : Enzyme courant dans le malt dont l'industrie des aliments pour le bétail fait une grande utilisation pour accroître l'absorption du phosphore organique des aliments et réduire les rejets de phosphore dans l'environnement.

Planification environnementale à la ferme : Plan élaboré et exécuté volontairement par l'agriculteur, qui dresse une liste des problèmes environnementaux potentiels propres à son exploitation agricole ainsi que les mesures à prendre pour résoudre ces problèmes.

Plantes fourragères vivaces : Graminées et légumineuses qui repoussent chaque printemps à partir de plantes cultivées lors de la saison de croissance précédente.

Polygone : Zone fermée, de forme irrégulière sur une carte. On utilise des polygones pour dresser les cartes des *Pédo-paysages du Canada* et on les superpose aux cartes des secteurs de dénombrement du *Recensement de l'agriculture* pour faire correspondre les données physiques sur les sols et les paysages aux données sur les pratiques de gestion agricole.

Potentiel de réchauffement global (PRG) : Mesure de la capacité d'un gaz à effet de serre à absorber le rayonnement et donc à contribuer au réchauffement de la planète (hausse des températures à l'échelle du globe).

Pouvoir envahissant : Capacité d'une plante à se répandre au-delà de son lieu d'introduction et à s'installer dans de nouveaux endroits, où elle peut nuire à d'autres organismes.

Pratiques de gestion bénéfiques : Méthodes, mesures ou pratiques visant à réduire le plus possible ou à prévenir les risques et les effets négatifs affectant l'environnement, y compris la pollution.

Prolifération d'algues : Croissance rapide d'algues en milieu aquatique qui découle souvent d'un excès d'éléments nutritifs.

Protocole de Kyoto : Entente internationale liée à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques qui fixe des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES).

Puits : Dans les sols, capacité d'assimiler les substances et de les conserver ou subséquemment de les rendre disponibles pour la croissance végétative aérienne ou souterraine.

Puits de carbone : Système qui accumule et stocke le carbone retiré de l'atmosphère pour une période indéterminée. La matière organique du sol est considérée comme un puits de carbone.

Qualité de l'habitat : Capacité d'un habitat à satisfaire aux besoins d'une espèce.

Recensement de l'agriculture : Recensement national réalisé tous les cinq ans afin de recueillir de l'information sur la structure et l'économie des exploitations agricoles, les cultures, l'utilisation des terres et l'élevage.

Région humide : Correspond à un climat dans lequel la limite inférieure des précipitations annuelles est de 50 cm dans les régions froides, et la limite supérieure est de 150 cm dans les régions chaudes.

Relation taxinomique : Information sur la façon de classer les organismes en se basant sur les relations plus ou moins étroites qui existent entre eux.

Resédimentation : Ajout au sol d'une matière déplacée d'un endroit à un autre, habituellement par des processus naturels.

Résidus de culture : Matière végétale, comme des feuilles, des tiges et des racines, demeurant après la récolte.

Résidus solides : Tous les intrants matériels d'un processus qui ne sont pas transformés en produits ou en sous-produits. Ces matières sont recyclées ou deviennent des déchets.

Résistance des ennemis des cultures : Situation dans laquelle les ennemis des cultures ne sont pas affectés par le taux d'application recommandé d'un pesticide.

Riverain : Qui se rapporte à la zone d'interface entre la terre et un cours d'eau.

Rotation des cultures : Pratique agricole consistant à planter deux cultures ou plus sur la même terre d'une année à l'autre et de façon répétitive. Cette pratique sert habituellement à accroître la fertilité du sol, à réduire les populations d'ennemis des cultures et à stimuler la production agricole dans les années qui suivent.

Ruissellement : Portion des précipitations ou des eaux de fonte qui s'écoulent à la surface du sol, vers les cours d'eau (rivières, étangs, lacs, etc.).

Salinisation : Processus par lequel le contenu en sels solubles augmente à la surface du sol ou dans la zone racinaire.

Séquestration du carbone : Processus biochimique par lequel le carbone de l'atmosphère est transféré par des organismes vivants, dont les plantes et les micro-organismes des sols, vers un autre réservoir de stockage de carbone comme les sols ou les forêts. Ce processus peut contribuer à réduire les concentrations de dioxyde de carbone dans l'atmosphère.

Séquestré : Stocké séparément. Le carbone retiré de l'atmosphère et stocké dans le sol sous forme de matière organique du sol est appelé *carbone séquestré*.

Smog : Air malsain pollué par la fumée, les émanations chimiques ou les poussières qui se forment dans l'atmosphère.

Sol argileux : Sol dont les matériaux constitutifs sont composés d'au moins 40 p. 100 d'argile, de moins de 45 p. 100 de sable et de moins de 40 p. 100 de silt.

Sol brun foncé : Type de sol des prairies canadiennes caractérisé par une couche de surface de couleur brun foncé. Ces sols sont associés aux conditions climatiques intermédiaires entre celles propices aux sols bruns et aux sols noirs des prairies.

Sol dénudé : Sol non couvert par une couverture végétale ou des résidus de culture et qui est donc exposé aux éléments.

Sol limoneux-sableux : Sol constitué d'un mélange de sable, d'argile et de silt, dans lequel les particules de sable prédominent, suivies des particules d'argile. Par exemple, un échantillon de sol contenant 70 p. 100 de sable et 10 p. 100 d'argile s'inscrit dans la catégorie des sols limoneux-sableux.

Sol sableux : Sol dont les matériaux contiennent des particules de sable en abondance.

Sol sableux-limoneux : Sol constitué d'un mélange de sable, d'argile et de silt, dans lequel les particules de sable prédominent, suivies des particules d'argile. Par exemple, un échantillon de sol consistant en 90 p. 100 de sable et 10 p. 100 d'argile s'inscrit dans la catégorie des sols sableux-limoneux. Il est à noter que ce sol contient moins d'argile qu'un sol limoneux-sableux (voir plus haut).

Sols bruns : Type de sols des prairies semi-arides du Canada, caractérisé par une couche de surface de couleur brune. Ces sols sont associés au climat sec des prairies du sud.

Sols noirs : Type de sols des prairies canadiennes caractérisés par une couche de surface très foncée. Ces sols sont associés à un climat frais et relativement humide.

Stérilisation : Processus (surtout par chauffage) visant à tuer les agents pathogènes (bactéries, virus, protozoaires, moisissures, spores) dans les aliments, qui peuvent être nocifs pour les humains.

Structure du sol : Propriétés physiques d'un sol liées à l'agencement et à la stabilité des particules, des agrégats et des pores.

Terre arable : Terre qui peut être cultivée.

Terres cultivables : Catégorie d'utilisation des terres agricoles, établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui comprend la superficie totale des terres servant aux grandes cultures, à la culture de fruits, de légumes, de produits de pépinière et de gazon.

Terres cultivées : Terres labourées servant aux cultures; comprend les terres laissées en jachère.

Texture du sol : Proportion relative des particules minérales de différentes grosseurs inférieures à 2 mm (sable, silt, argile) dans les sols.

Toutes les autres terres : Catégorie d'utilisation des terres agricoles établie pour le *Recensement de l'agriculture*, qui comprend les terres occupées par des bâtiments de ferme, des enclos de ferme, des jardins, des serres, des champignonnières, des terres non exploitées, des boisés, des érablières, des brise-vent, des tourbières, des marais, des marécages, etc.

Unités de masse employées pour exprimer les émissions de GES

GRAM	1 gramme
KILOGRAMME (kg)	1 000 grammes
MÉGAGRAMME (Mg) autre nom : *Tonne* (t)	1 000 000 grammes
GIGAGRAMME (Gg) autre nom : *Thousand tonnes* (kt)	1 000 000 000 grammes
TÉRAGRAMME (Tg) autre nom : *Million tonnes* (Mt)	1 000 000 000 000 grammes
PÉTAGRAMME (Pg) autre nom : *Gigatonne ou milliard de tonnes* (Pt)	1 000 000 000 000 000 grammes

Travail de conservation du sol : Toute séquence de travail du sol visant à réduire au strict minimum la perte de sol et d'eau; opération de travail du sol ou de travail-semis qui laisse une couverture de résidus à la surface du sol équivalant à au moins 30 p. 100 de la surface.

Travail du sol classique : Opérations primaires et secondaires de travail du sol généralement exécutées pendant la préparation d'une couche de semis et qui laissent habituellement, à leur terme, une couverture de résidus à la surface du sol équivalant à moins de 30 p. 100 de la surface traitée.

Travail minimum du sol : Travail du sol minimal nécessaire pour satisfaire aux exigences liées à la production agricole dans les conditions climatiques et pédologiques existantes, ayant généralement comme conséquence un labourage moins intense que dans le travail du sol classique.

Travail réduit du sol : Opérations de labourage qui requièrent un minimum de perturbation du sol, soit par l'utilisation de moins de passages ou d'un équipement spécialisé. Inclut le travail minimum du sol.

Voie d'eau gazonnée : Chenal naturel ou aménagé, habituellement large et peu profond, couvert d'herbes résistantes à l'érosion, qui permet aux eaux de surface de contourner ou de traverser des terres cultivées en suivant des creux naturels.

Volatilisation : Conversion en gaz d'un solide ou d'un liquide.

Zone riveraine : Terrain en bordure d'un cours d'eau ou d'une autre masse d'eau.

Zone tampon riveraine : Petite zone ou bande de terre aménagée le long d'un cours d'eau pour réduire l'érosion, intercepter les polluants, fournir un habitat à la faune et régler d'autres problèmes environnementaux.

26 Auteurs collaborateurs

A

Suzanne Allaire
Sciences de l'agriculture et de l'alimentation, Université Laval
Ville de Québec (Québec)
Courriel : suzanne.allaire@fsaa.ulaval.ca

Yves Arcand
AAC, Centre de recherche et de développement sur les aliments
Saint-Hyacinthe (Québec)
Courriel : yves.arcand@agr.gc.ca

B

Murray J. Bentham
AAC, Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon (Saskatchewan)
Courriel : murray.bentham@agr.gc.ca

Shabtai Bittmam
AAC, Centre de recherches agroalimentaires du Pacifique
Agassiz (Colombie-Britannique)
Courriel : shabtai.bittman@agr.gc.ca

Malcolm Black
AAFC (Retired)
Halifax (Nouvelle Ecosse)
Email: Malcolmw.black@gmail.com

Patrice Bouchard
AAFC, Eastern Cereal and Oilseed Research Centre
Ottawa (Ontario)
Email: patrice.bouchard@agr.gc.ca

J.A. (Tony) Brierley
AAC, Centre de recherches de Lacombe
Edmonton (Alberta)
Courriel : tony.brierley@agr.gc.ca

C

Carolyn Callaghan
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : carolyn.callaghan@agr.gc.ca

Con A. Campbell
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : con.campbell@agr.gc.ca

Darrel Cerkowniak
Science du sol, University of Saskatchewan
Saskatoon (Saskatchewan)
Courriel : darrel.cerkowniak@usask.ca

Allan J. Cessna
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Lethbridge (Alberta)
Courriel : allan.cessna@agr.gc.ca

Dick Coote
Consultant
Stittsville (Ontario)
Courriel : dcoote@compmore.net

Michel Cournoyer
Groupe Conseil UDA inc.
Saint-Charles-sur-Richelieu (Québec)
Courriel : mcournoyer@udainc.com

D

Reinder De Jong
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : reinder.dejong@agr.gc.ca

Farida Dechmi
AAC, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy (Québec)
Courriel : farida.dechmi@agr.gc.ca

Jean-Thomas Denault
AAC, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy (Québec)
Courriel : jean-thomas.denault@agr.gc.ca

Raymond Desjardins
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : ray.desjardins@agr.gc.ca

Craig F. Drury
AAC, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles
Harrow (Ontario)
Courriel : craig.drury@.agr.gc.ca

Gail Dyck
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Outlook (Saskatchewan)
Courriel : gail.dyck@.agr.gc.ca

J.A. Dyer
Consultant du secteur privé
Courriel : go_my_way@hotmail.com

E

Warren D. Eilers
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux,
Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon (Saskatchewan)
Courriel : warren.eilers@agr.gc.ca

F

Annemieke Farennorst
University of Manitoba
Winnipeg (Manitoba)
Courriel : farenhor@ms.umanitoba.ca

Robert G. Foottit
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : robert.foottit@agr.gc.ca

Catherine A. Fox
AAC, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles
Harrow (Ontario)
Courriel : catherine.fox@agr.gc.ca

G

Ravinderpal Gill
AAC, Direction générale des politiques stratégiques
Ottawa (Ontario)
Courriel : raivinderpal.gill@agr.gc.ca

François Granger
Commission de la santé et de la sécurité du travail
Ville de Québec (Québec)
Courriel : francois.granger@csst.qc.ca

Cynthia Grant
AAC, Brandon Research Centre
Brandon (Manitoba)
Email: cynthia.grant@agr.gc.ca

Matt C. Grant
AAC, Centre de recherches de l'Atlantique sur les aliments et l'horticulture
Kentville (Nouvelle-Écosse)
Courriel : matt.grant@agr.gc.ca

H

John Harrington
AAC, Administration du rétablissement agricole des Prairies
Outlook (Saskatchewan)
Courriel : john.harrington@.agr.gc.ca

Jamie Hewitt
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Winnipeg (Manitoba)
Courriel : jamie.hewitt@agr.gc.ca

Edward (Ted) Huffman
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : ted.huffman@agr.gc.ca

J

Steve K. Javorek
AAC, Centre de recherches de l'Atlantique sur les aliments et l'horticulture
Kentville (Nouvelle-Écosse)
Courriel : steve.javorek@agr.gc.ca

Jill Jensen
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Ottawa (Ontario)
Email: jill.jensen@agr.gc.ca

L

Denyse Landry
AAC, Direction générale des services à l'industrie et aux marchés
Ottawa (Ontario)
Courriel : denyse.landry@agr.gc.ca

Alexandre Lefebvre
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Ottawa (Ontario)
Email : alexandre.lefebvre@agr.gc.ca

J. Philip Lemieux
AAC, Centre de recherches agroalimentaires du Pacifique
Kamloops (Colombie-Britannique)
Courriel : jeffrey.lemieux@agr.gc.ca

Sheng Li
Science du sol, University of Manitoba
Winnipeg (Manitoba)
Email: umlis2@yahoo.ca

Lavona Liggins
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Kamloops (Colombie-Britannique)
Courriel : lavona.liggins@agr.gc.ca

David Lobb
Science du sol, University of Manitoba
Winnipeg (Manitoba)
Courriel : lobbda@.agr.gc.ca

M

Robin MacKay
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Ottawa (Ontario)
Courriel : robin.mackay@agr.gc.ca

Michèle Marcotte
AAC, Centre de recherche et de développement sur les aliments
Sainte-Hyacinthe (Québec)
Courriel : michele.marcotte@agr.gc.ca

Peter G. Mason
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : peter.mason@agr.gc.ca

Daniel Massé
AAC, Centre de recherche et de développement sur le bovin laitier et le porc
Sherbrooke (Québec)
Courriel : daniel.masse@agr.gc.ca

Dominique Maxime
AAC, Centre de recherche et de développement sur les aliments
Saint-Hyacinthe (Québec)
Courriel : dominique.maxime@agr.gc.ca

Brian G. McConkey
AAC, Centre de recherches sur l'agriculture des prairies semi-arides
Swift Current (Saskatchewan)
Courriel : brian.mcconkey@.agr.gc.ca

D.A.R. (Ross) McQueen
University of Manitoba
Winnipeg (Manitoba)
Courriel : mcqueen@ms.umanitoba.ca

Hugues Morand
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Ottawa (Ontario)
Courriel : hugues.morand@agr.gc.ca

N

A. Narjoux
Gestionnaire de projet chez Odotech
Montréal (Québec)
Courriel : anarjoux@odotech.com

O

Owen Olfert
AAC, Centre de recherches de Saskatoon
Saskatoon (Saskatchewan)
Courriel : owen.olfert@agr.gc.ca

P

Thierry Pagé
Odotech inc.
Montréal (Québec)
Courriel : tpage@odotech.com

Elizabeth Pattey
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : elizabeth.pattey@agr.gc.ca

Q

Guowang Qiu
AAC, Direction générale de la recherche
Ottawa (Ontario)
Courriel : guowang.qiu@ontario.ca

R

Keith Reid
Ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation de l'Ontario
Stratford (Ontario)
Courriel : keith.reid@omaf.gov.on.ca

Alain N. Rousseau
Institut national de la recherche scientifique, Université du Québec
Ville de Québec (Québec)
Courriel : alain.rousseau@ete.inrs.ca

S

Claudia Sheedy
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Lethbridge (Alberta)
Courriel : claudia.sheedy@agr.gc.ca

Steve C. Sheppard
Consultant
Pinawa (Manitoba)
Courriel : sheppardm@compmore.net

Ward N. Smith
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : ward.smith@agr.gc.ca

Matt Straub
Agence canadienne de développement international
Gatineau (Québec)
Courriel : matthew.straub@acdi-cida.gc.ca

T

Georges Thériault
AAC, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy (Québec)
Courriel : georges.theriault@agr.gc.ca

Don Thompson
AAC, Centre de recherches de Lethbridge
Kamloops (Colombie-Britannique)
Courriel : don.thompson@agr.gc.ca

Laurie C. Tollefson
AAC, Direction générale des services agroenvironnementaux
Outlook (Saskatchewan)
Courriel : laurie.tollefson@agr.gc.ca

Ed Topp
AAC, Centre de recherches du Sud sur la phytoprotection et les aliments
London (Ontario)
Courriel : ed.topp@agr.gc.ca

V

Éric van Bochove
AAC, Centre de recherche et de développement sur les sols et les grandes cultures
Sainte-Foy (Québec)
Courriel : eric.vanbochove@agr.gc.ca

Ronald van Haarlem
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : ronald.vanhaarlem@agr.gc.ca

Xavier Vergé
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : xavier.verge@agr.gc.ca

W

Suzanne I. Warwick
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : warwicks@agr.gc.ca

Ted Weins (retired)
AAC, Administration du rétablissement agricole des Prairies
Regina (Saskatchewan)

Brian H. Wiebe
Manitoba Water Stewardship
Winnipeg (Manitoba)
Courriel : brian.wiebe2@gov.mb.ca

Devon E. Worth
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : devon.worth@agr.gc.ca

Y

Jingyi Y. Yang
AAC, Centre de recherches de l'Est sur les céréales et les oléagineux
Ottawa (Ontario)
Courriel : jingy.yang@.agr.gc.ca

Xueming M. Yang
AAC, Centre de recherches sur les cultures abritées et industrielles
Harrow (Ontario)
Courriel : xueming.yang@agr.gc.ca

27 Remerciements

La rédaction d'un rapport aussi complet et complexe ne serait possible sans les idées et le soutien d'un grand nombre de personnes, de groupes et d'organisations. Les réviseurs et les auteurs de ce rapport désirent remercier les personnes et les groupes suivants pour leur contribution.

Merci aux membres du Comité directeur du Programme national d'analyse et de rapport en matière de santé agroenvironnementale (PNARSA) pour leur soutien continu en matière de gestion nécessaire à la mise en œuvre du programme, de même que pour leurs commentaires et leurs conseils utiles dans le cadre de diverses activités, dont l'élaboration des indicateurs. Ce comité est composé des membres suivants : Alexandre Lefebvre (président), Warren Eilers, Hugues Morand, Gary Patterson, Brook Harker, Matt Straub, Robin MacKay et Luella Graham.

Nous désirons également remercier les gestionnaires d'Agriculture et Agroalimenetaire Canada et leur personnel qui se sont investis dans tous les aspects du travail. Le soutien et le leadership des personnes suivantes méritent d'être tout particulièrement soulignés : Wayne Lindwall, Rick Butts, Claudel Lemieux, Gary Whitfield, Lianne Dwyer, Christiane Deslauriers et Barry Grace de la Direction générale de la recherche; Sherman Nelson et Greg Strain de la Direction générale des services agroenvironnementaux et Bob MacGregor de la Direction générale des politiques stratégiques. Des remerciements particuliers sont adressés aux réviseurs, aux auteurs et aux coauteurs des deux rapports précédents des IAE, car une grande part du présent document s'inspire de ces rapports ou s'y accorde.

Nous désirons remercier Kevin Parris, de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), d'avoir établi le lien vers les travaux connexes réalisés par cet organisme et ses pays membres.

Les services de traitement des données et de cartographie ont été fournis par le groupe d'agrogéomatique d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, dont Tamara Rounce, Greg Moffat, Matthew McBurney, Bonnie Pankiw, Bryan Monette et David Lee. Ian Jarvis, Ted Huffman et Bahram Daneshfar ont traité des données concernant les secteurs de dénombrement du Recensement de l'agriculture dans le cadre de ce projet.

Nous remercions aussi toutes les personnes qui ont participé aux diverses étapes de la préparation de ce rapport. Luella Graham d'AAC a assuré la coordination générale du projet. Sandra Weinheimer et France Prud'homme ont fourni du soutien à la production; Sandra Bandaogo, Carole Vachon, Préscille LeBrun d'AAC ont participé à la coordination de la traduction; Tina Reilly de Stiff Sentences Inc., a procédé à la révision linguistique et à la vérification de l'exactitude de toutes les références; enfin, Liz Broes et Matthew Jubb d'Em Dash Design se sont chargés des services de conception.

Dans la section ci-dessous, les auteurs soulignent les contributions de diverses personnes à des chapitres spécifiques du présent rapport.

CHAPITRE 4 : L'utilisation des terres agricoles

Les auteurs désirent remercier Valerie Kirkwood et Bahram Daneshfar d'AAC pour leur aide dans l'analyse et la mise en correspondance des données.

Encadré : Efficacité de l'utilisation de l'eau pour l'irrigation

Notre comité consultatif a fourni une opinion et une critique d'expert, ainsi que de précieux partenariats lors de l'élaboration de ces indicateurs. Les personnes suivantes ont fait partie du comité au cours des cinq dernières années : Allan Cessna, Aly Shady, Brent Paterson, Chandra Madramootoo, Charles Moule, Harvey Clark, Jean-Louis Daigle, Jean-Marcel Laferriere, John Linsley, Rebecca Shortt, Russ Boals, Sietan Chieng, Suren Kulshreshtha et Dale Tomasiewicz.

Plusieurs organismes des gouvernements fédéral et provinciaux et du secteur privé ont généreusement fourni des renseignements et des données à l'appui du projet pilote.

Nous voulons également remercier les agriculteurs du district d'irrigation du lac Diefenbaker pour leurs contribution et collaboration remarquables.

CHAPITRE 5 : La gestion agroenvironnementale

Les auteurs tiennent à remercier Pat MacGregor et Tamara Rounce pour leur travail d'analyse des données dans le cadre de la préparation du présent chapitre, ainsi que Martin Beaulieu, Karen Johnston et Henri Morin de Statistique Canada pour leur soutien à la préparation de l'EGA de 2006 et à l'analyse des données recueillies.

CHAPITRE 6 : La couverture des sols

Les auteurs désirent remercier Todd Lewis, Martin deZuviria et Ginto Cherian de Terralogik Information Systems Inc. pour leur aide et leur persévérance dans la rationalisation et la sim-

plification des procédures de calcul de plus en plus lourdes de l'indicateur du degré de couverture des sols.

CHAPITRE 7 : L'habitat faunique

Nous voudrions remercier Carolyn Callaghan pour sa contribution exceptionnelle au projet d'indicateur; Erin Neave, Peter Neave, Sean Blaney, Colin Jones, Monica Young, Dick Cannings, David Gummer et Dan Sawatzky qui nous ont aidés à compiler et à réviser les matrices d'association de l'habitat faunique utilisées pour élaborer l'indicateur; Rich Russell, Don McNicol et Isaac Wong pour l'intégration des aspects de l'indicateur de la capacité d'habitat faunique des terres agricoles à la plate-forme WILDSPACE. Nos remerciements vont également à Pierre Goulet, Kate Dalley, Scott Everett et Jasmine Mader.

Encadré : Dommages causés par la faune

Plusieurs personnes qui travaillent pour des organismes provinciaux ont contribué aux progrès réalisés dans l'élaboration de cet indicateur : Alberta Financial Services Corporation, Manitoba Agricultural Services Corporation, Doug Wilcox; Saskatchewan Crop Insurance Corporation, Doug Hayward; le ministère de l'Environnement de la Saskatchewan, Mike Gollop et Lois Koback. D'autres contributions ont été apportées par l'unité SIG de l'ARAP, particulièrement Tamara Rounce, Mark Berry, Diane Michalak et David Lee.

Encadré : Espèces étrangères envahissantes

David Giffen, Jane Allison, Sue Dupere, Lisa Bartels, Jon Tyler, Maleka Soule et Tom Haye ont fourni une aide technique pour l'élaboration des bases de données et l'exploration des données.

CHAPITRE 8 : L'érosion du sol

Plusieurs personnes ont contribué à la production de ce document. Thomas Schumacher, Guy Mehuys et Dan Pennock, leurs étudiants et leur personnel technique ont effectué des études sur le terrain qui ont grandement aidé à améliorer l'indicateur du risque d'érosion attribuable au travail du sol. Nous sommes également redevables à Paul Krug pour son aide technique dans l'élaboration et l'analyse de l'indicateur.

CHAPITRE 9 : La matière organique du sol

Nous tenons à remercier AAC d'avoir mené à bien de nombreuses expériences au champ à long terme qui nous ont beaucoup aidés à valider les méthodes. Les unités de ressources pédologiques d'AAC (qui portent aujourd'hui de nouveaux noms) ont mis au point un tableau de probabilité de culture des sols qui a grandement amélioré notre capacité à estimer le risque d'érosion. Bert VandenBygaart et Denis Angers nous ont beaucoup aidés à quantifier l'effet des mesures de gestion sur le COS. Ted Huffman a élaboré des méthodes permettant d'estimer les données sur les activités agricoles, dont la mise en culture des prairies indigènes. Nous tenons également à remercier Paul Krug pour son aide technique en programmation et en analyse.

CHAPITRE 10 : Les éléments traces

Ces travaux ont été guidés par un groupe d'experts composé de Rufus Chaney, Bob Garrett, Mike McLaughlin et Sébastien Sauvé, et par plusieurs autres conseillers invités. Craig Drury et Éric van Bochove font partie des collaborateurs qui ont fourni de grandes quantités d'échantillons archivés. Reinder DeJong a fourni les résultats du modèle VSMB. Jeff Long et Barb Sanipelli d'ECOMatters Inc. ont aidé à obtenir des valeurs de paramètre en examinant la documentation disponible. Warren Eilers et Tamara Rounce ont aidé avec les applications du SIG.

CHAPITRE 11 : La salinité du sol

Glenn Lelyk et Arnie Waddell ont apporté un soutien utile en matière de programmation, de données et d'analyse SIG pour ce chapitre. Robert Eilers, qui a dirigé l'élaboration initiale de l'indicateur, nous a donné d'excellents conseils sur les améliorations à apporter à la méthodologie.

CHAPITRE 12 : L'azote

12.1 AZOTE RÉSIDUEL DANS LE SOL (ARS)

Nous sommes particulièrement reconnaissants aux agriculteurs ontariens qui nous ont donné accès à leurs champs pour y prélever des échantillons de sol dans le cadre de l'étude de validation, ainsi qu'à C. Kessel, B. Dean, Greg Stewart et Valerie Kirkwood, qui nous ont fourni des échantillons provenant de certains de ces champs. Nous désirons aussi remercier Tom Oloya et Wayne Calder, qui ont coordonné le prélèvement et l'analyse des échantillons, pour leur expertise technique.

12.2 INDICATEUR DU RISQUE DE CONTAMINATION DE L'EAU PAR L'AZOTE

Les auteurs désirent remercier Con Campbell pour ses précieux commentaires et Valerie Kirkwood pour son assistance technique.

CHAPITRE 13 : Le phosphore

Nous désirons remercier Nadia Goussard, Lotfi Khiari, Marie-Line Leclerc, Stéphane Martel, Reinder DeJong, Humaira Dadfar, Jalal Khaldoune, Renaud Quilbé, David Lobb, Brian McConkey, Sheng Li, David Kroetsch, Bahram Daneshfar et

leurs collègues du Service national d'information sur les terres et les eaux d'AAC pour leur expertise, leurs services techniques et leurs données essentielles. Nous tenons aussi à remercier Craig Drury, Bob Eilers et de nombreux pédologues de partout au pays pour les échantillons de sol qu'ils ont fournis à notre laboratoire; Annie Simard, consultante; Chris Lochner; ainsi que les provinces de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, de l'Ontario, du Québec, de la Nouvelle-Écosse et l'Île-du-Prince-Édouard, qui ont fourni et compilé les données sur la qualité de l'eau.

CHAPITRE 14 : Les coliformes

Nous désirons remercier Stéphane Martel, Marie-Line Leclerc, Reinder DeJong, Humaira Dadfar, David Lapen, Jalal Khaldoune, Renaud Quilbé, David Lobb, Brian McConkey, Sheng Li, David Kroetsch, Bahram Daneshfar et leurs collègues du Service national d'information sur les terres et les eaux d'AAC pour leur expertise, leurs services techniques et leurs données essentielles. Nous sommes également reconnaissants à Philippe Berthiaume, Pascal Michel, Michel Bigras-Poulin et André Ravel de l'Agence de la santé publique du Canada et de l'Université de Montréal, ainsi qu'à Patrick Levallois de l'Institut national de santé publique du Québec, des conseils qu'ils nous ont donnés aux premières étapes du projet. Nous tenons aussi à remercier Annie Simard, consultante; Chris Lochner, d'Environnement Canada et l'ARAP; ainsi que les provinces de la Colombie-Britannique, de l'Alberta, de la Saskatchewan, de l'Ontario, du Québec, de la Nouvelle-Écosse et l'Île-du-Prince-Édouard, qui ont fourni et compilé les données sur la qualité de l'eau.

CHAPITRE 15 : Les pesticides

Stephen Goodacre et Christopher Dufault ont mis deux bases de données sur l'utilisation des pesticides à notre disposition. Reinder DeJong a conçu la méthode de calcul des numéros de courbe et Wally Fraser nous a aidés à utiliser la Banque de données nationales sur les sols. Suzanne Allaire, Claire Murphy, ainsi que Tom Wolf et Gord Thomas ont fait partie du comité consultatif d'experts sur l'IRCE-Pest. Warren Eilers, Julian Hutchinson et Hugues Morand, Paul Jiapizian, Steve Sheppard d'ECOMatters Inc à Pinawa, au Manitoba, et Melanie Whiteside ont participé au deuxième atelier sur l'IRCE-Pest. Reinder Dejong nous a aussi fourni des numéros de courbe pour chaque polygone de pédo-paysage et des valeurs d'évapotranspiration potentielle pour chaque écodistrict à l'étude.

CHAPITRE 16 : Les gaz à effet de serre

Nous apprécions grandement le travail effectué par les membres du Système national de comptabilisation et de vérification des quantités de carbone et d'émissions de gaz à effet de serre, qui ont dirigé l'élaboration de méthodes canadiennes permettant d'estimer les émissions de GES associées aux agro-écosystèmes. Nous voudrions également remercier les producteurs du pays qui ont mis leurs terres et leurs installations agricoles à notre disposition pour que nous puissions faire les recherches nécessaires.

CHAPITRE 17 : L'ammoniac

Le financement a été assuré conjointement par le PNARSA et l'Initiative sur les normes agroenvironnementales nationales (INAEN). L'aide et le soutien fournis par W. Eilers et A. Lefebvre et par J. Ayers, S. Girdhar et D. Mullins d'Environnement Canada ont été grandement appréciés. M. Beaulieu et d'autres employés de Statistique Canada ont joué des rôles indispensables dans l'élaboration de l'Enquête sur les pratiques des fermes d'élevage. L'Institut canadien des engrais a cofinancé l'enquête sur les pratiques de fertilisation, menée par Ipsos Reid sous la compétente direction de K. Goldie. Nous avons reçu les conseils de nombreux experts, dont S. McGinn, K. Koenig, P. Rochette et E. Pattey, J. Tait, T. Bruulsema, P. Makar, K. Ominski, S.G. Sommer, W. Asman, J. Webb, R. Gordon et M.L. Swift. Les cartes ont été produites avec expertise par T. Rounce d'AAC.

CHAPITRE 18 : Les émissions de particules

De nombreuses personnes ont contribué à ce projet. Nous désirons particulièrement remercier celles et ceux qui ont fourni de l'aide ou des conseils concernant la méthodologie ou les données sur les activités et les facteurs d'émission : Ted Huffman, Brian McConkey, Devon Worth, Xavier Verge, Sonja Fransen et Sébastien Blouin d'Agriculture et Agroalimentaire Canada, John Ayres, Susan Charles et Sanjay Girdhar d'Environnement Canada, Steve Francis de California Air Resources Board et Mark Hemmes de Quorum Corporation. Merci à l'équipe de l'IRCE Pest. — Allan J. Cessna, Claudia Sheedy, Annemieke Farenhorst et Ross McQueen — et l'Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire pour avoir partagé avec nous leurs données sur l'application des pesticides.

CHAPITRE 19 : L'utilisation d'énergie et les émissions de gaz à effet de serre

Nous tenons à remercier la Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie de Statistique Canada, à Ottawa, au Canada, en particulier Daniel Scott, André Gravelle et Francine Rouleau;

Martin Lemire, François Soulard et Joe St. Lawrence de la Division des comptes et de la statistique de l'environnement de Statistique Canada;

André J. Talbot, de la Division de la recherche sur la protection de l'écosystème aquatique d'Environnement Canada.

Nous désirons également remercier Isabelle Vézina, étudiante en maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, et stagiaire à AAC.

CHAPITRE 20 : La consommation d'eau

Nous désirons remercier la Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie de Statistique Canada, en particulier Daniel Scott, André Gravelle et Francine Rouleau; Andy Shinnan, François Soulard et Martin Lemire, de la Division des comptes et de la statistique de l'environnement, Statistique Canada;

André J. Talbot, de la Division de la recherche sur la protection de l'écosystème aquatique d'Environnement Canada; Isabelle Vézina, étudiante en maîtrise en environnement, Université de Sherbrooke, et stagiaire à AAC.

CHAPITRE 21 : L'emballage

Nous tenons à remercier la Division de la fabrication, de la construction et de l'énergie de Statistique Canada, en particulier Daniel Scott, André Gravelle et Francine Rouleau, ainsi que Mathieu Guillemette, d'Éco Entreprises Québec.